



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Klimagassregnskap for arealbrukssektoren i Oslo

Aktuelle arealbruksoverganger, klimagassutslipp og tiltak

NIBIO RAPPORT | VOL. 4 | NR. 155 | 2018



Gunnhild Sjøgaard, Knut Bjørkelo

Divisjon for skog og utmark/ Divisjon for kart og statistikk

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

TITTEL/TITLE

Klimagassregnskap for arealbrukssektoren i Oslo: aktuelle arealbruksoverganger, klimagassutslipp og tiltak

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Gunnhild Sjøgaard og Knut Bjørkelo

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
06.12.2018	4/155/2018	Åpen	11357	18/01394
ISBN:		ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02220-6		2464-1162	51	

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

Klimaetaten, Oslo kommune

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Hilde Solli

STIKKORD/KEYWORDS:

Klimagassregnskap, arealbruk, urbane områder, fortetting, avskoging, skogbruk, jordbruk, AR5, Landsskogtakseringen

Greenhouse gas inventory, LULUCF, urban areas, deforestation, forestry, agriculture, National Forest Inventory

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Klimagassregnskap, skogbruk

Greenhouse gas inventory, forestry

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Arealbrukssektoren i klimagassregnskapet omfatter utslipp og opptak knyttet til arealbruk og arealbruksendringer. Kommunene har en viktig rolle i klimaarbeidet, og besitter mange av virkemidlene som må benyttes for å redusere utslipp og øke opptak av klimagasser i arealbrukssektoren. For å kunne ta gode beslutninger er det behov for kunnskap om utslipp knyttet til arealbruk og arealbruksendringer, og om mulige tiltak for å redusere utslipp og øke opptak.

Klimagassregnskapet for arealbrukssektoren deler arealet inn i seks arealbrukskategorier; skog, dyrka mark, beite, vann og myr, annen utmark og utbygd areal. Det rapporteres utslipp av CO₂, CH₄ og N₂O, samt opptak av CO₂ i hver kategori. For CO₂ rapporteres det som endring i karbonbeholdninger i levende biomasse, dødt organisk materiale (strø og død ved), mineraljord og organisk jord.

I Oslo er skog den helt klart største arealbrukskategorien, med i underkant av 284 000 daa (hvorav det meste i marka). Utbygd areal er den nest største kategorien, med nesten 113 000 daa (hvorav det meste i byggesonen). De øvrige arealbrukskategoriene er betydelig mindre, med for eksempel i underkant av 8 000 daa dyrket mark og 2 000 daa beite.

Det har i perioden 2010 til 2017 vært overganger til og fra alle arealbrukskategorier, men i utslippssammenheng er det særlig to overganger som er viktige. Avskoging (overgang fra skog til en

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

annen arealbruk) skaper betydelige tap av karbon. Det samlede arealet som er avskoget i perioden 2010 – 2017 i Oslo utgjør om lag 7 600 daa, et avskogingsareal tilsvarende 152 fotballbaner årlig. En annen sentral kilde til utslipp er drenering av arealer med organisk jord. Dette et langsiktig tap av karbon fra jordsmonnet som kan være betydelig. Det mest sentrale potensialet for utslippsreduksjon i Oslo kommune når det gjelder drenering av organisk jord kan synes å være knyttet til utbygging av arealer, til boområder, idrettsanlegg, næringsarealer, mv. Og her kan det reelle utslippet bli svært stort (selv ved små arealer) ettersom det i noen tilfeller ikke vil være bare en drenering av arealet, men fjerning av hele jordsjiktet.

Både innen skogbruk og jordbruk er det en rekke tiltak som kan gjøres for å øke karbonbeholdninger. For skog vil det å sikre en god foryngelse etter hogst, samt å følge opp denne med riktig utført ungskogpleie og gjerne senere gjødsling bidra til å øke opptaket av CO₂. Optimal hogstalter, som fra et klimaperspektiv kan avvike fra optimal hogstalter fra et næringsøkonomisk perspektiv, kan også bidra til å øke opptaket. Alle tiltak som øker tilveksten, og dermed opptaket av CO₂, vil i prinsippet fanges opp i klimagassregnskapet gjennom økt vekst i skogen. Tiltak for å øke produksjonen (volum) og kvaliteten på virket kan også ha en indirekte positiv betydning for klima gjennom at tømmeret kan erstatte klimabelastende materialer (substitusjonseffekt), men denne vil ikke fanges opp i arealbrukssektoren. I jordbruket vil det primært være tiltak som kan øke karbonbeholdningen i jorda som er relevante, og dette kan være å øke andelen flerårig eng, øke tilførsel av husdyrgjødsel, bruk av fangvekster og bruk av biokull som jordforbedringsmiddel. Ikke alle disse tiltakene vil fanges opp i klimagassregnskapet med dagens regelverk og metodikk. Forvaltningen av urbane grøntområder, som parker, «friarealer» og f.eks. trær i alléer, vil kunne ha betydning på karbonbeholdninger i utbygde arealer. Dette vil imidlertid ikke fanges opp i klimagassregnskapet slik det er utformet i dag.

LAND/COUNTRY:	Norge
FYLKE/COUNTY:	Akershus
KOMMUNE/MUNICIPALITY:	Ås
STED/LOKALITET:	Ås

GODKJENT /APPROVED	PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER
Bjørn Håvard Evjen	Gunnhild Søgård
NAVN/NAME	NAVN/NAME

Forord

Klimaetaten i Oslo kommune har fått i oppdrag å utarbeide et forslag til en ny klimastrategi for Oslo mot 2030, med endelig frist 1. desember 2018. Miljødirektoratet forventes å publisere kommunevise klimagassregnskap for arealbrukssektoren (engelsk: Land-Use, Land Use Change, and Forestry, LULUCF) på nyåret 2019, og det framgår av oppdraget at Klimaetaten skal anbefale eventuelle tilpasninger av Oslos klimamål til ny statlig klimastatistikk. I den forbindelse har NIBIO har fått i oppdrag fra Klimaetaten i Oslo kommune å bidra med informasjon om arealbrukssektoren.

NIBIO er bedt om å gi en status for arealbruk i Oslo kommune, hvilke opptak/utslipp av klimagasser ulike typer arealbruk medfører og potensial for utslippsreduksjoner, samt utarbeide en generell oversikt/tiltakstabell over noen tiltak det kan være aktuelt å iverksette innen arealforvaltning og arealplanleggingen. Beskrivelsen skal i første rekke være kvalitativ, og fokusere på Oslospesifikk arealbruk og relevante tiltak innenfor Oslos kommunegrense. Oppdraget har hatt en begrenset økonomisk ramme, og det har ikke vært innenfor oppdraget å gjøre egne analyser eller grundige litteraturstudier. Eksemplene som er gitt på ulike arealbruksendringer i Oslo er derfor ikke nødvendigvis er dekkende for alle problemstillinger, og det kan være aktuelle tiltak som ikke er belyst.

Arealtallene og eksemplene i kapittel 2 er utarbeidet av Knut Bjørkelo, mens beskrivelse av utslipp og opptak, utslippsreduksjoner og tiltaksoversikt er utarbeidet av Gunnhild Søgaard (kap. 3, 4 og 5). Johannes Breidenbach har gitt innspill til kapittel 3 og 4. Aksel Granhus har gitt innspill til kapitlet om tiltak i skog (kap. 5.1). Kapitlet om grønne tak (kap. 5.4) er skrevet av Hans Martin Hanslin. Frederik Bøe har bidratt med tekst om fangvekster, og Lillian Øygarden med tekst om alle tiltak i jordbruket (inkl. fangvekster) i kapittel 5.2.

Prosjektet har vært ledet av Gunnhild Søgaard.

Ås, 30.11.2018

Gunnhild Søgaard

Innhold

1	Innledning	6
2	Status for arealbruk og arealbruksendringer i Oslo	7
2.1	Om AR5	7
2.2	Ajourhold av AR5	8
2.3	Arealbrukskategoriene i det nasjonale klimagassregnskapet	9
2.4	Status for arealbruk i Oslo	10
2.5	Beskrivelse av arealbruksendringer i Oslo kommune	13
2.6	Forholdet mellom endringsanalysen og klimagassregnskapet	21
2.7	Noen kommentarer om arealendringer og tiltak med klimaeffekt	23
3	Opptak og utslipp klimagasser knyttet til ulike arealbruk	27
3.1	Generelt	27
3.2	Levende biomasse	27
3.3	Organisk jord	29
3.4	Mineraljord	30
3.5	Utslipp av øvrige klimagasser	30
4	Potensial for netto utslippsreduksjoner	31
4.1	Innledning	31
4.2	Omdisponering av arealer	31
4.3	Tiltak på gjenværende arealer	33
5	Mulige tiltak i arealbrukssektoren	34
5.1	Tiltak i arealbrukskategorien skog - tiltak i skogbruket	34
5.2	Tiltak i arealbrukskategoriene dyrka mark og beite - Tiltak i jordbruket	39
5.3	Tiltak i arealbrukskategorien «Utbygd areal» - Urbane grøntområder	42
5.4	Tiltak i arealbrukskategorien «Utbygd areal» - Grønne tak	44
5.5	Tiltak i arealbrukskategorien «vann og myr» - Torvuttak	45
	Litteraturreferanser	47

1 Innledning

Norge rapporterer hvert år opptak og utslipp av klimagasser til FNs klimakonvensjon og under Kyotoprotokollen. I arealbrukssektoren (eng.: Land-Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF) rapporteres utslipp og opptak av klimagasser knyttet til ulike arealbruk. Arealbruken er definert i seks kategorier som følger av internasjonale definisjoner: skog, dyrket mark, beite (innmarksbeite og overflatedyrket grasareal som beites årlig), vann og myr (inkluderer torvuttak), annen utmark (snaumark og tresatt utmarksareal) og utbygd areal (arealer med ulike tekniske inngrep som boliger, veier, kraftlinjer, parkanlegg, mv.). Utslipp og opptak i sektoren er knyttet til bruk av arealer under en gitt arealbrukskategori, men er også i betydelig grad knyttet til arealbruksendringer (her kan nevnes avskoging og nydyrking av myr som to eksempler).

Kommunene har en viktig rolle i klimaarbeidet, og besitter mange av virkemidlene som må benyttes for å redusere Norges utslipp av klimagasser i sektoren. For å kunne ta gode beslutninger er det behov for kunnskap om både arealbruk og arealbruksendringer, relaterte utslipp, og om mulige tiltak for å redusere utslipp og øke opptak. Miljødirektoratet er ventet å publisere kommunevise klimagassregnskap for arealbrukssektoren på nyåret 2019. Selve regnskapet er utviklet av NIBIO, og er så langt det var hensiktsmessig basert på samme metodikk som i det nasjonale klimagassregnskapet for sektoren.

Innledningsvis i rapporten gir vi en oversikt over arealbruk og arealbruksendringer siste år i Oslo kommune som grunnlag for senere drøftinger. Vi redegjør på generelt grunnlag for hvilke utslipp og opptak som er knyttet til ulike arealbruk basert på det nasjonale klimagassregnskapet, men har ikke gjort noen utslippsberegninger. Det pekes også på mulige tiltak innen de ulike arealbrukskategoriene. Oppdraget fokuserer kun arealbruk og arealbruksendringer i Oslo, og mulige tiltak for gjennomføring innenfor Oslos kommunegrense.

Oppdraget er avgrenset til problemstillinger knyttet til arealbrukssektoren jf. det nasjonale utslippsregnskapet, og ikke effekter av arealbruk og arealbruksendringer på utslipp i andre sektorer. Arealbruk og arealbruksendringer vil også påvirke andre hensyn, og det vil kunne være motstridende hensyn mellom for eksempel klima og næring, eller klima og biologisk mangfold. Det er pekt på noen slike åpenbare motsetninger i tiltaksoversikten.

I tillegg til utslipp og opptak direkte knyttet til arealbruk rapporteres endringer i karbonlageret i treprodukter (Harvested Wood Products) under arealbrukssektoren i det nasjonale regnskapet. Treprodukter i denne sammenheng er trelast, trebaserte plater og papir- og kartongprodukter. Treprodukter vil ikke være inkludert i de kommunevise klimagassregnskapene som vil bli publisert av Miljødirektoratet, og er ikke omhandlet i dette notatet. Vi ønsker allikevel peke på at økt bruk av tre kan være et godt klimatiltak, og viser til en rapport publisert av NIBIO som både beskriver beregninger knyttet til treprodukter i det nasjonale klimagassregnskapet, og trebruk i fleretasjes bygg (Alfredsen mfl. 2017).

2 Status for arealbruk og arealbruksendringer i Oslo

2.1 Om AR5

AR5 beskriver arealressurser, og er et landsdekkende detaljert kartdatasett som primært skal dekke behov innen arealplanlegging og landbruk. AR5 beskriver primært tilstand, ikke bruken, av arealene. AR5 inngår i Felles kartdatabase (FKB) og Det offentlige kartgrunnlaget (DOK). AR5 er en del av datagrunnlaget for Miljødirektoratets kommunevise klimagassregnskap for arealbrukssektoren som er ventet publisert i 2019. I tabell 1 er definisjoner av areal typer i AR5 gjengitt.

Tabell 1. Hovedinndelinga i AR5 er arealtype basert på kriterier for vegetasjon, naturlig drenering og kulturpåvirkning. Alt areal er identifisert som en arealtype. Areal som ikke er klassifisert, skal ha arealtypen "Ikke kartlagt".

Arealtype	Definisjon
Fulldyrka jord (21)	Jordbruksareal som er dyrka til vanlig pløyedybde, og kan benyttes til åkervekster eller til eng, og som kan fornyes ved pløying
Overflatedyrka jord (22)	Jordbruksareal som for det meste er rydda og jevna i overflata, slik at maskinell høsting er mulig.
Innmarksbeite (23)	Jordbruksareal som kan benyttes som beite, men som ikke kan høstes maskinelt. Minst 50 % av arealet skal være dekt av beitegras eller beitetålende urter.
Skog (30)	Areal med minst 6 trær per dekar som er eller kan bli 5 meter høye, og som er jevnt fordelt på arealet.
Åpen fastmark (50)	Fastmark som ikke er jordbruksareal, skog, bebyggd eller samferdsel.
Myr (60)	Areal med myrvegetasjon og minst 30 cm tjukt torvlag.
Snøisbre (70)	Areal med snø- eller isbre.
Ferskvann (81)	Innsjøer, elver og bekker. Avgrensing av ferskvann i AR5 skal følge grensene i det mest nøyaktige datasettet for vann
Hav (82)	Avgrensing av hav i AR5 skal følge grensene i det mest nøyaktige datasettet for kystkontur.
Samferdsel (12)	Areal som brukes til samferdsel.
Bebyggd (11)	Areal som er utbygd eller i betydelig grad opparbeida, samt tilstøtende arealer som i funksjon er nært knytta til bebyggelsen.
Ikke kartlagt (99)	Areal som har ukjent beskaffenhet.

Minstearealet for å skille ut en arealtype som et eget polygon er generelt 2 dekar, men jordbruksareal skal registreres ned til 0,5 dekar. På tross av betegnelsen minsteareal er dette ikke absolutt nedre grense for størrelsen på polygoner i AR5. Man skal gjøre «praktisk god figurering» ved blant annet å ta hensyn til omgivelsene. Areal som er smalere enn 2 meter registreres normalt ikke som polygoner i AR5.

AR5 er et ressurskart, og gir informasjon både om treslag, produksjonsevne og grunnforhold (tabell 2). Høyproduktiv skog, myr og arealer med organisk jord kan identifiseres i AR5. Dette kan også brukes til å skille arealer som gir ulike klimagassutslipp ved nedbygging eller annen endring.

Tabell 2. Klassifikasjonen i AR5 er en inndeling av landarealet etter kriterier for arealtype, skogbonitet, treslag og grunnforhold. Hovedinndelingen er arealtype. Mulige verdier er gjengitt i kolonner.

Arealtype	Treslag	Skogbonitet	Grunnforhold
Fulldyrka jord (21)	Barskog (31)	Særs høy (15)	Jorddekt (44)
Overflatedyrka jord (22)	Lauvskog (32)	Høy (14)	Organisk jordlag (45)
Innmarksbeite (23)	Blandingsskog (33)	Middels (13)	Grunnlendt (43)
Skog (30)	Ikke tresatt (39)	Lav (12)	Fjell i dagen (42)
Åpen fastmark (50)	Ikke relevant (98)	Impediment (11)	Blokkmark (41)
Myr (60)	Ikke registrert (99)	Ikke relevant (98)	Konstruert (46)
Snøisbre (70)		Ikke registrert (99)	Ikke relevant (98)
Ferskvann (81)			Ikke registrert (99)
Hav (82)			
Samferdsel (12)			
Bebyggd (11)			
Ikke kartlagt (99)			

Kartlegging med AR5 kan også gi relevant informasjon i urbane områder. Grøntstruktur, små viktige skogteiger og rester av jordbruksareal vil være tilgjengelige på en standardisert form som er felles over hele landet. Vi viser til AR5 klassifikasjonssystem (Ahlstrøm mfl. 2014), spesielt avsnitt 4.1.8 hvor klassifisering av en del «spesielle arealkategorier» som parker, idrettsanlegg mv. er beskrevet.

Generell informasjon om AR5 er også lett tilgjengelig på NIBIOs hjemmesider:

<https://nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5>

2.2 Ajourhold av AR5

AR5 skal ajourholdes kontinuerlig for arealtypene jordbruksareal, bebyggelse og samferdsel, samt arealer i tilknytning til dette. Noen kommuner utfører oppdatering av AR5 flere ganger i året. Sentral felles kartdatabase (SFKB) er et forvaltningssystem der kartdata fra kommunene blir direkte oppdatert i en sentral database hos Kartverket. I løpet av 2018 vil mange kommuner ta dette i bruk for kontinuerlig ajourføring av AR5. I Oslo har Regionkontor Landbruk (felles med nabokommuner) ansvaret for løpende ajourhold av jord- og skogbruksarealer i AR5 (i Marka og på landbrukseiendommene i Byggesonen). Endringer som fortetting og omforming av arealer rundt og i bebyggelsen er ikke registrert i AR5 siden NIBIO utførte periodisk ajourhold i 2012 basert på flybilder fra 2011. Ved det periodiske ajourholdet i 2012 ble det tatt igjen noe etterslep. I landbruksområdene er det siden levert kontinuerlig ajourhold 2 ganger, men datasettet mangler endringer som er skjedd i byggesonen etter 2011. Informasjon om ajourhold av AR5 i Oslo kommune kan hentes fra denne sida:

https://kart5.nibio.no/ar5metadata/ar5_metadata_kommuner/selection/0301?fylkesNumber=3

AR5 er viktigst i landbruksområder, og Oslo kommune har mange andre mer nøyaktige kartdata i bebygde områder. Et nøyaktig ajourhold av AR5 over hele kommunens areal vil imidlertid gi et bedre datagrunnlag for klimagassregnskap for arealbrukssektoren slik som utformet for de kommunevise klimagassregnskapene som vil bli publisert av Miljødirektoratet.

2.3 Arealbrukskategoriene i det nasjonale klimagassregnskapet

I det følgende er de ulike arealbrukskategoriene i det nasjonale klimagassregnskapet beskrevet (gjengitt fra Breidenbach mfl. 2017). Definisjonene av arealbrukskategoriene er basert på regelverket for rapportering under FNs klimakonvensjon, og tilpasset datagrunnlaget fra Landsskogtakseringen. I og med at arealbrukskategoriene brukt i det nasjonale klimagassregnskapet er basert på Landsskogtakseringen som datagrunnlag er ikke disse helt identiske med arealtypene i AR5. Hvordan arealtyper i AR5 er «oversatt» til arealbrukskategoriene fra det nasjonale klimagassregnskapet i denne rapporten er beskrevet i kapittel 2.4 og 2.6.

Skog

Skog er i norsk klimagassrapportering definert som et areal med trær som kan nå en høyde av minimum 5 m på den aktuelle lokaliteten med en kronedekning > 10 %. Hvis arealet er midlertidig uten trevegetasjon defineres det fortsatt som skog. Med midlertidig forstås det at det fortsatt er stubber eller døde trær etter forrige tregenerasjon, og at arealet ikke har hatt en annen anvendelse (f.eks. beite) i mellomtiden. Hogstflater faller altså under skogdefinisjonen. Kravet til kronedekning gjelder ikke hvis arealet er tilplantet eller naturlig forynget med en tetthet som holder kravet til ungskog (hogstklasse II). Minstearealet for å skille ut et område som egen enhet som gjelder også for skog er 1 daa, med en bredde > 4 m. For eksempel vil et tresatt areal som en åkerholme mindre enn 1 daa på dyrket mark ikke skilles ut som en egen enhet. Det samme gjelder for smale trerekker eller alleer mellom vei og dyrket mark med bredde < 4 m. Minstearealet og minstebredden som brukes i Norge er de samme for alle arealbrukskategorier. Dette er svært viktig ved figurering (inndeling av landarealet i arealbrukskategorier) for å sikre at alle arealbrukskategorier er likt representert. (Det eneste unntaket er bygninger som skilles ut selv om arealet er mindre enn 1 daa.)

Utbygd areal

Utbygd areal omfatter bygninger og arealer som kan klassifiseres som teknisk impediment og omkringliggende opparbeidet areal. Dette gjelder blant annet bebyggelse, hager, veier, velteplasser, lagerplass, parkeringsplasser og grustak. Alle veier må være av varig karakter med minst 4 m bredde for å skilles ut som egne enheter. Eventuelle grøfter eller sidestriper som regelmessig holdes fri for vegetasjon regnes som del av veien. Traktorveier må være av en permanent karakter, og vil vanligvis være bygget ved hjelp av anleggsmaskiner. Stikkveier til utkjøring av tømmer i forbindelse med en drift og andre midlertidige veier (for eksempel i forbindelse med gravehogst) er ikke definert som traktorvei, men anses som en del av skog. Innenfor arealbrukskategorien utbygd areal kan det også finnes arealer med > 10 % kronedekning (f.eks. parker og hager), disse defineres allikevel som utbygd areal.

Beite

Beite er definert som innmarksbeite eller overflatedyrket jord i samsvar med definisjoner i AR5, og som årlig blir brukt som beite og som ikke kan pløyes. Minst 50 % av arealet skal være dekket av gressarter. Arealet kan være jevnet i overflaten, men det kan også ha treklynger, stubber, steiner ol.

Beitebruk vurderes som mer sentralt enn skogbruk på dette arealet. Det er verdt å legge merke til at for en del beiteområder kan det fortsatt være nok trær til at det møter skogdefinisjonen (> 10 % kronedekning).

Dyrket mark

Dyrket mark er jordbruksareal som klassifiseres som fulldyrket jord i samsvar med definisjon i AR5. Det vil si at det er jordbruksareal som er dyrka til vanlig pløvedybde, og kan benyttes til åkervekster og eng. Arealbrukskategorien inkluderer også fulldyrka areal som er tatt ut av drift, så lenge det kan fornyes ved pløying. Ved påskoging av dyrket mark går arealet over til skog når treantallet tilsvarer hogstklasse II, eller kronedekningsprosenten er på 10 % eller mer. Fulldyrket jord som benyttes til beite regnes som dyrket mark.

Vann og myr

Vann og myr omfatter vann og myrer (åpne og tresatte, men dersom de når skogdefinisjonen tilhører de kategorien skog). Torvuttak inkluderes i denne arealbrukskategorien.

Annen utmark

Annen utmark er arealer der trær på grunn av klimatiske og andre forhold ikke kan vokse eller ikke kan nå skogdefinisjonen. De kan også omfatte arealer som er kulturbetinget lang tid tilbake (f.eks. kystlyngheier), slik at de ikke tilfredsstiller skogdefinisjonens krav til «midlertidig uten tresetting». Annen utmark omfatter Landsskogtakseringens areal typer snaumark, annet tresatt areal og kystlynghei, der disse finnes på fastmark.

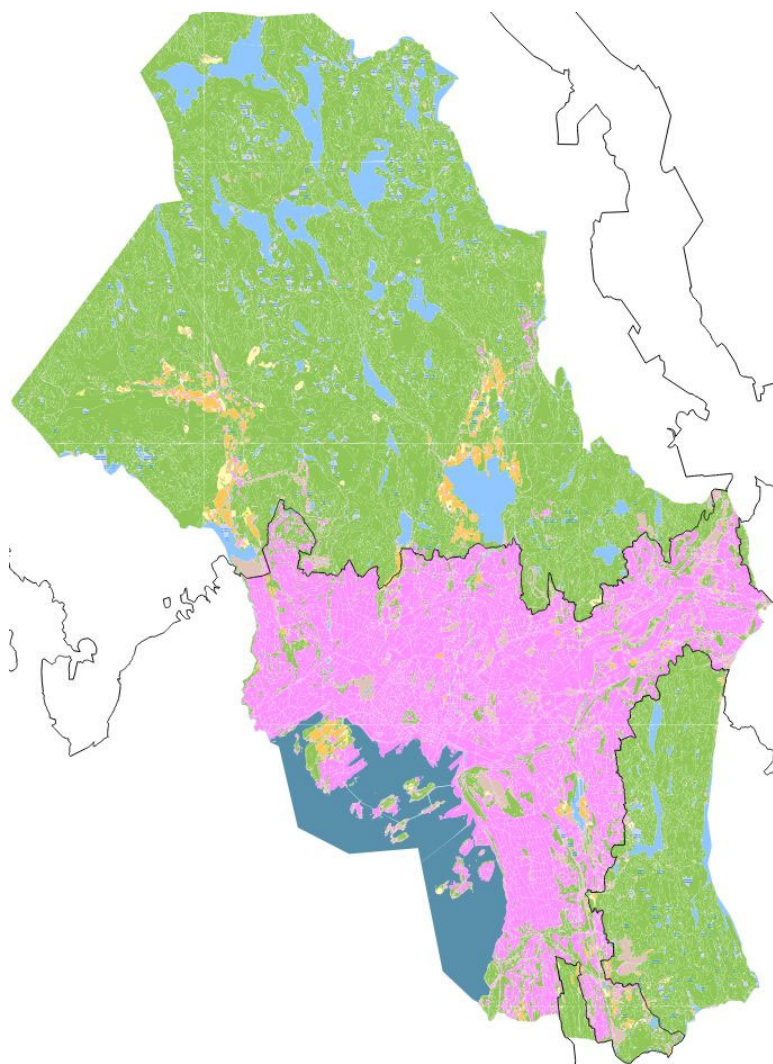
2.4 Status for arealbruk i Oslo

For dette oppdraget har vi gjort en endringsanalyse basert på AR5 ved utgangen av årene 2010 og 2017 (tabell 3). Endringene i landskapet har ikke nødvendigvis skjedd i denne perioden. Vi bruker endringsanalysen til å beskrive noen utviklingstrekk og gi noen eksempler på arealendringer i Oslo kommune, ikke som et nøyaktig regnskap.

Oslo kommune har 454 km² landareal, hvorav 28 km² er ferskvann. Tabell 3 viser fordeling av areal typer basert på AR5 ved utgangen av 2010 og 2017, fra arealressursstatistikk som er publisert på NIBIOs nettsider, og netto endringer i perioden. Inndelinga her er valgt for typiske norske forhold, og skiller seg noe fra arealbrukskategoriene som brukes i det nasjonale klimagassregnskapet for arealbrukssektoren (som er basert på et internasjonalt regelverk). Arealtypene i AR5 kan kodes om til arealbrukskategorier brukt i det nasjonale regnskapet, og tabell 4 viser arealtall for den samme perioden med disse arealbrukskategoriene, samt fordeling mellom Marka og Byggesonen i 2017. I endringsanalysen som følger ser vi på brutto endringer med disse arealbrukskategoriene. Det er imidlertid ikke fullt samsvar mellom definisjonene, og endringsanalysen vil derfor avvike i noen grad fra den som vil publiseres av Miljødirektoratet, da denne bruker flere datakilder og er korrigert i forhold til det nasjonale regnskapet (se kap. 2.6 for mer om dette).

Tabell 3. Fordeling av areal typer basert på AR5 ved utgangen av 2010 og 2017, andel de ulike areal typene utgjør av totalareal i 2017, og endring fra 2010 til 2017 i dekar og %.

Areal type	2010 daa	2017 daa	Andel %	2010 – 2017 daa	Endring %
Fulldyrka jord	7 697	7 529	2 %	-168	-2 %
Overflatedyrka jord	331	277	0 %	-54	-19 %
Innmarksbeite	925	1988	0 %	1063	53 %
Produktiv skog	269 385	267 213	62 %	-2172	-1 %
Uproduktiv skog	16 952	16 591	4 %	-361	-2 %
Åpen myr	4 066	4 101	1 %	35	1 %
Åpen jorddekt fastmark	19 572	13 875	3 %	-5697	-41 %
Åpen skrinns fastmark	1 496	1 396	0 %	-100	-7 %
Bebyggd	92 200	97 229	23 %	5029	5 %
Samferdsel	12 746	15 694	4 %	2948	19 %
SUM	427 380	427 910	100 %		



Figur 1. Illustrasjon av dominerende areal typer i Marka og Byggesonen. Grønn tilsvarer skog, rosa bebyggd areal, mens de mindre områdene med nyanser av gult og oransje illustrerer jordbruksarealer.

Bebyggelse og samferdselsareal er ifølge AR5 2017 113 km², og konsentrert i byggesonen hvor det kun er få sammenhengende arealer med naturpreg. I Marka er det mest produktiv skog, ferskvann, og noe jordbruksareal. Litt mer enn 20 % av jordbruksarealet befinner seg i byggesonen.

For den videre analysen bruker vi arealbrukskategoriene fra det nasjonale klimagassregnskapet, som er basert på definisjoner i regelverket fra FNs klimakonvensjon (se kapittel 2.3 for beskrivelse).

Tabell 4. Fordeling av areal basert på AR5 «oversatt» til arealbrukskategorier som i det nasjonale klimagassregnskapet for arealbrukssektoren. Det er ikke fullt samsvar mellom definisjonene i AR5 og i det nasjonale klimagassregnskapet, så det vil avvike noe fra hvordan arealfordelinger og endringer vil bli presentert i det kommunale klimagassregnskapet som Miljødirektoratet vil publisere i 2019 (særlig for arealbrukskategorien «annen utmark» vil det være avvik).

	Total 2017		2010 daa	2017 daa	Endring daa	
	Marka	Byggesonen				
Dyrket mark	5 865	1 936	8 026	7 801	-	225
Skog	260 560	23 082	286 330	283 642	-	2 688
Beite	1 736	250	926	1 986		1 060
Annen utmark	4 452	10 785	21 051	15 237	-	5 814
Utbygd areal	3 580	109 308	104 948	112 888		7 940
Myr	4 028	71	4 064	4 099		35
Ferskvann	27 071	1 096	28 352	28 167	-	185
Sum	307 292	146 528	453 697	453 820		123

Tabell 5. Fordeling av grunnforhold basert på AR5, og fordelt på arealbrukskategorier som i det nasjonale klimagassregnskapet for arealbrukssektoren. Utbygd areal ikke inkludert (totalareal vil derfor avvike fra tabell 4). Jorddekt viser til arealer med mineraljord, organisk viser til arealer med organisk jord og skrinns viser til arealer klassifisert som grunnlendt, fjell i dagen eller blokkmark.

Byggesonen	Jorddekt	Organisk	Skrinn	Totalt
Dyrket mark	1 921	14	0	1 935
Skog	13 382	311	9 388	23 081
Beite	239	0	10	249
Annen utmark	10 051	0	733	10 784
Vann og myr	0	70	0	70
SUM	25 593	395	10 131	36 119

Marka	Jorddekt	Organisk	Skrinn	Totalt
Dyrket mark	5 840	21	4	5 865
Skog	170 430	5 830	84 300	260 560
Beite	1 619	6	112	1 737
Annen utmark	3 817	0	635	4 452
Vann og myr	0	4 029	0	4 029
SUM	181 706	9 886	85 051	276 643

I tabell 5 presenteres status for 2017 med inndeling etter grunnforhold basert på AR5. Vi har ikke tatt med ferskvann og utbygd areal. Jorddekt viser til arealer med mineraljord, organisk viser til arealer med organisk jord og skrinns viser til arealer klassifisert som grunnlendt, fjell i dagen eller blokkmark.

Det er totalt sett relativt lite areal med organisk jord og relativt store skogarealer på skrinns mark (tabell 5). I byggesonen er det veldig lite myr og skog på organisk jord.

2.5 Beskrivelse av arealbruksendringer i Oslo kommune

De største netto endringene (tabell 4) er 8000 dekar mer utbygd areal, og tilsvarende reduksjon i arealbrukskategoriene skog og annen utmark. Disse store tall er summen av mange små endringer som hver kan ha helt ulike forklaringer. Vi har derfor gjort en analyse for å kvantifisere *brutto* endringene for å se hvilke arealoverganger som er registrert i AR5 og forklarer noen av disse. Tabell 6 viser brutto endringer mellom arealbrukskategoriene for hele Oslo, og fordelt på Marka og Byggesonen.

Mange av endringene er små arealer som skifter arealtype i AR5 på grunn av generaliseringseffekter og justering av grenser for kartfigurer. Dette kan antas å slå tilfeldig ut, men er ikke analysert statistisk.

Vi har gjort en vurdering av de større endringene for å finne forklaringer på overgangene, sammenhengen mellom kart og terreng, og om mulig identifisere årsakene (driverne). Vi har tatt utgangspunkt i tabellene samt kart med alle endringer. I figur 2 er endringskartet for et område ved Holmenkollen med små og store endringer både i Byggesonen og Marka. Noen av endringene er karttekniske justeringer, mens andre er inngrep med betydning også for klimagassutslipp.



Figur 2. Endringer i arealtype i AR5 fra 2010 til 2017 ved Holmenkollen. Rosa farge indikerer nedbygd areal (farger jf. tabell 1).

For en del tilfeller er det gjort en vurdering av endringer og «tidligere» tilstand ved hjelp av flybilder fra 2008 - 2018 og Økonomisk kartverk fra 1970-tallet. Mye utbygging var selvfølgelig gjort før dette, men dette var de lett tilgjengelige «historiske» datakildene (Oslo kommunes eldre flyfoto er ikke tilgjengelige i Norgebilder.no.). Figur 3 illustrerer de store endringene fra 1946 til 2018 for et område ved Alna.

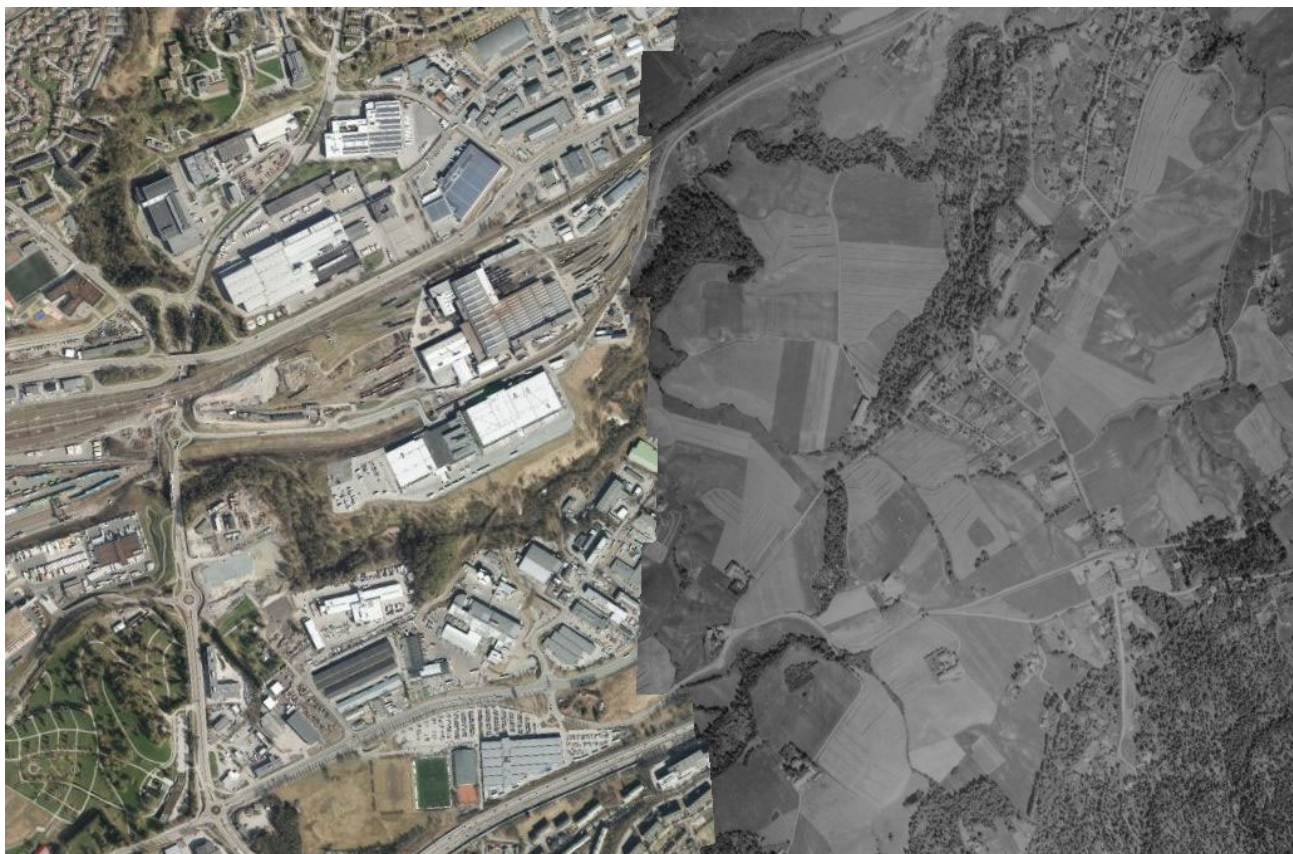
Havareal er ikke med i verken NIBIOs arealressursstatistikk eller arealbrukssektoren, og er heller ikke med i endringsanalysene. Vi ser at Oslos landareal i perioden (reelt) er økt med ca. 100 dekar ved utfylling i Oslofjorden. Hvilken effekt dette har på klimaet eller klimagassregnskapet har vi ikke vurdert.

Tabell 6: Brutto arealoverganger for hele Oslo, totalt og fordelt på Marka og Byggesonen. Areal tall i dekar.

		2017						
	Totalt	Dyrket mark	Skog	Beite	Annen utmark	Utbygd areal	Myr	Ferskvann
2010	Dyrket mark		397	107	334	178	0	2
	Skog	264		966	1 597	4 368	29	382
	Beite	99	122		68	35	1	1
	Annen utmark	400	1 528	301		6 553	3	88
	Utbygd areal	29	2 242	11	1 007		2	40
	Myr	0	5	0	0	2		131
	Ferskvann	1	623	1	46	20	138	
	Sum 2017	793	4 917	1 386	3 052	11 156	173	644

		2017						
	Byggesonen	Dyrket mark	Skog	Beite	Annen utmark	Utbygd areal	Myr	Ferskvann
2010	Dyrket mark		156	7	184	119	0	0
	Skog	56		76	734	3 589	1	28
	Beite	30	20		44	15	1	0
	Annen utmark	240	1 105	81		5 783	1	24
	Utbygd areal	23	1 249	2	887		0	39
	Myr	0	0	0	0	0		5
	Ferskvann	0	17	0	19	11	2	
	Sum 2017	349	2 547	166	1 868	9 517	5	96

		2017						
	Marka	Dyrket mark	Skog	Beite	Annen utmark	Utbygd areal	Myr	Ferskvann
2010	Dyrket mark		241	100	150	59	0	2
	Skog	208		890	863	779	28	354
	Beite	69	102		24	20	0	1
	Annen utmark	160	423	220		770	2	64
	Utbygd areal	6	993	9	120		2	1
	Myr	0	5	0	0	2		126
	Ferskvann	1	606	1	27	9	136	
	Sum 2017	444	2 370	1 220	1 184	1 639	168	548



Figur 3. Område ved godsterminalen på Alna i 1946 (til høyre) og 2018. (Norgebilder.no).

Det er utarbeidet et grøntregnskap for Oslo kommune (Oslo kommune 2018). I grøntregnskapet ble endringer i vegetasjonsdekke fra 2013 til 2017 estimert basert på ortofoto. Metoden skiller ikke på ulike typer vegetasjon (plen, skog, beite, mv.). I og med at det ikke skiller på ulike typer vegetasjon, kan ikke tallene sammenliknes direkte med overgangene i tabell 6. Tabell 6 dekker også en noe større tidsperiode (2010 – 2017). Men oppsummert viser grøntregnskapet de samme to hovedtrekkene som tabell 6 indikerer; 1) det er både positive og negative endringer i grøntarealet i perioden, og 2) det er en samlet reduksjon i vegetasjonsdekt areal. I byggesonen viser grøntregnskapet en reduksjon på netto 2 345 dekar, eller 3 prosent (Oslo kommune 2018).

Endringer i ferskvann og myr

Ferskvann er ikke med i NIBIOs arealressursstatistikk, mens arealbrukskategorien «vann og myr» i det nasjonale klimagassregnskapet i henhold til regelverket fra FNs klimakonvensjon inkluderer både ferskvann og myr. Vi har valgt å skille arealbrukskategorien «vann og myr» i ferskvann og myr i denne analysen for lettere å forklare endringene (se tabell 4 og 6).

Det er blitt mindre ferskvann, endringer går til og fra alle arealbrukskategorier. De fleste endringene er smale striper langs bekker og tjern, som følge av ny kartlegging av vann (AR5 bruker vanndata fra FKB-Vann) innført i AR5 ved det periodiske ajourholdet. Det aller meste skjer i Marka. Det er blant annet endringer mellom ferskvann og myr som skyldes at flytetorv beveger seg. Som en kuriositet kan nevnes at Besserudtjernet er omklassifisert fra vann til bebygd, og motsatt for vannspeilet i Middelalderparken.

Endringer mellom AR5-kategoriene åpen fastmark og skog

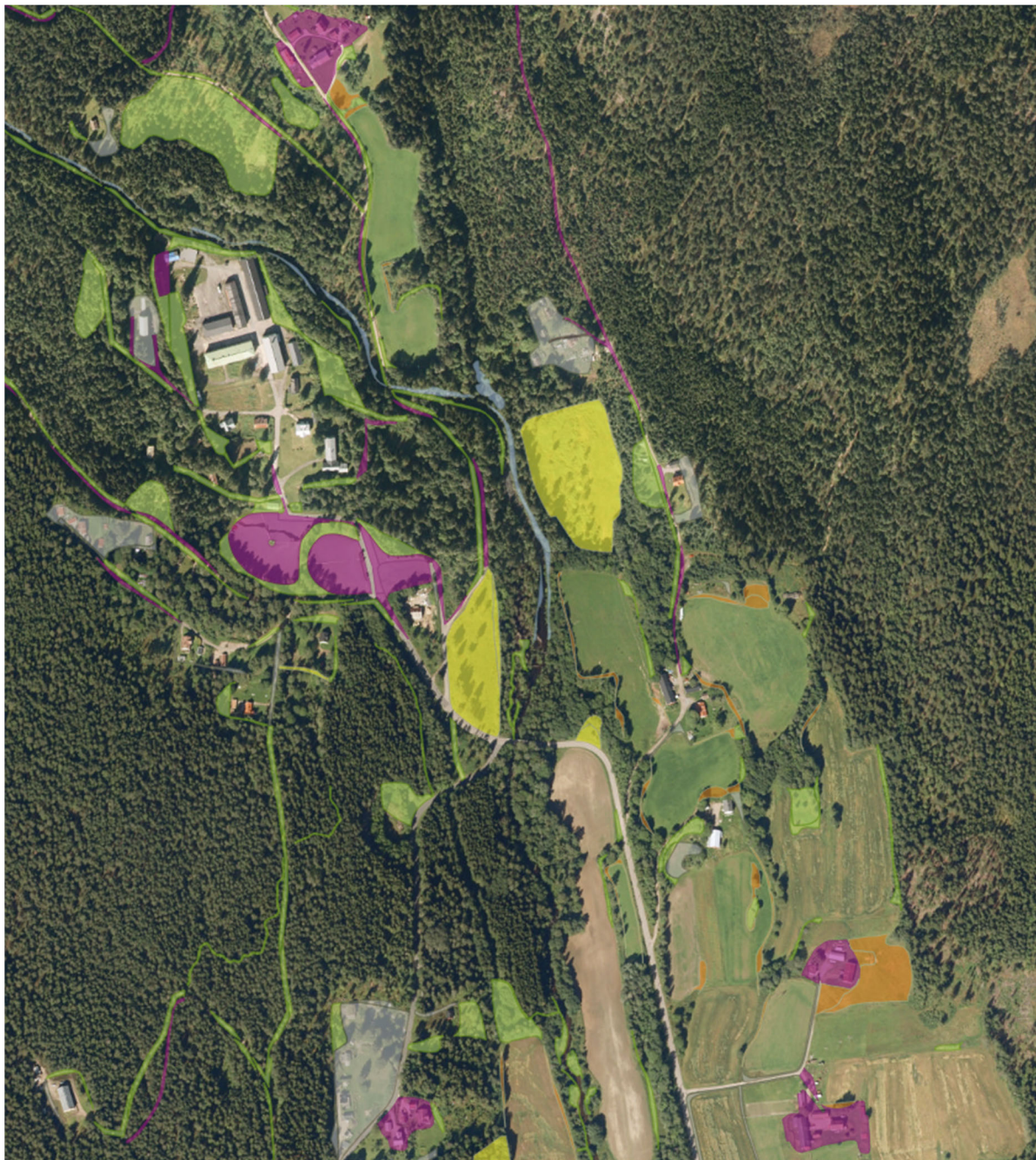
Overgang fra åpen fastmark i AR5 (oversatt til «annen utmark» i tabell 6) til skog er mye større i Byggesonen enn i Marka (hhv. 1105 og 423 dekar).

I Byggesonen ser hovedårsaken til ny skog på åpne arealer å være gjengroing av «restarealer» mellom bebygde områder som tidligere var jordbruksareal. De åpne områdene gror etter hvert igjen med skog når de ligger urørt, som vist i figur 4. Den samme utviklinga gjelder for områder som var skog (og ble hogd) før byggeprosjektene. I slike tilfeller er det vanskelig å skille mellom hogst og avskoging (konverterte arealer), da dette delvis er langsomme prosesser.



Figur 4. Restarealer ved Rommen som gror igjen med skog (markert med lysegrønt).

I Marka er den nye skogen også knytta til menneskelig aktivitet, i tilknytning til jordbruksvirksomhet, idrettsanlegg og friområder hvor arealbruken endres tilfeldig eller planlagt. Omfanget er mindre enn i Byggesonen og det er ikke noe spesielt fenomen som peker seg ut. Illustrasjon fra Skar (figur 5) hvor det er mange typer endringer.

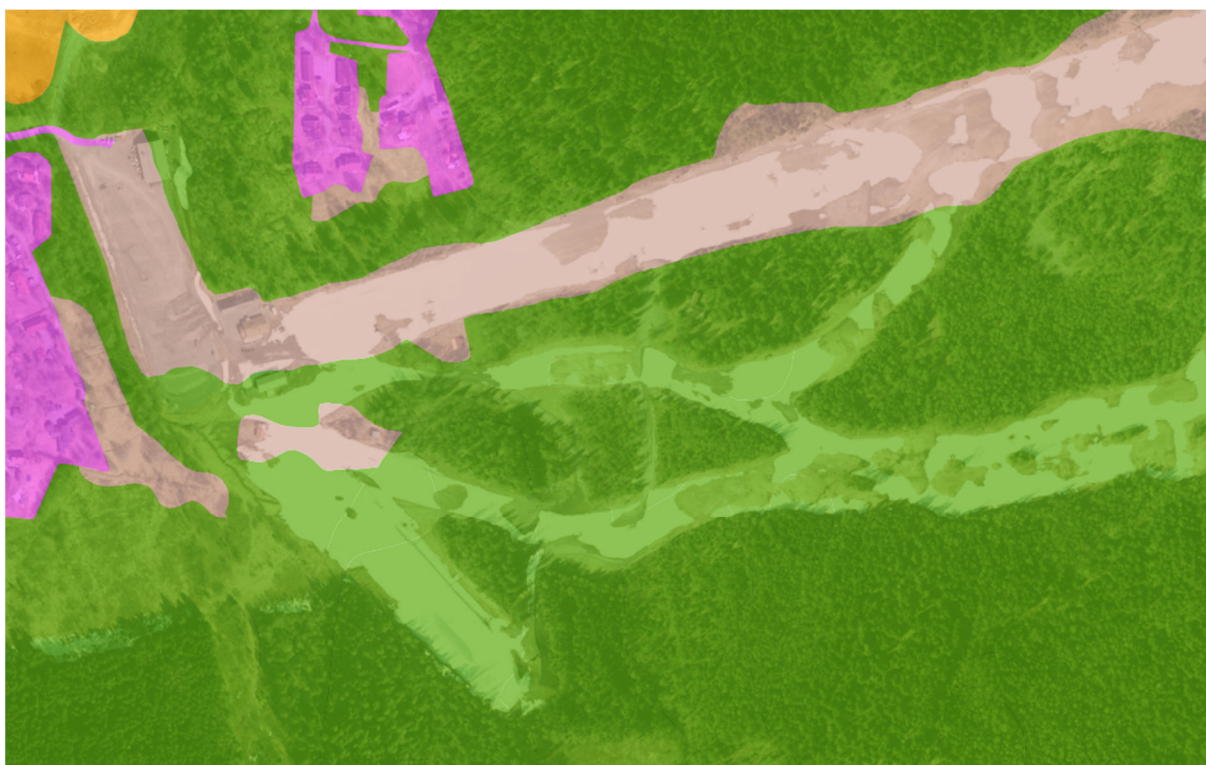


Figur 5. Mange ulike typer endringer ved Skar som er fanget opp i AR5. Fargene representerer arealtyper i AR5 slik som definert i tabell 1 (dvs. rosa er utbygd areal, gult er overflatedyrka, oransje er fulldyrka mark, mv.).

Overgangen fra skog til åpen fastmark i AR5 er omtrent like stor i Byggesonen og Marka (hhv. 734 og 863 dekar, jf. tabell 6). Dette defineres som avskoging.

I Marka skyldes avskoging i stor grad utvidelser av idrettsanlegg. Bare utvidelsene ved Tryvann, Holmenkollen og Grefsenkollen utgjør ca. 400 dekar, og det er nye traseer i blant annet Wüllerløypa

(figur 6) som ennå ikke er registrert i AR5. Byggesonen berøres i noen grad av de samme prosjektene samt mindre anlegg. Mange av endringene i Byggesonen skyldes kartografiske justeringer.



Figur 6. Utvidelser av Wüllerløypa på produktiv skog. Fargene representerer arealtypene i AR5 slik som definert i tabell 1 (dvs. rosa er utbygd areal, gult er overflatedyrka, oransje er fulldyrka mark, mv.).

Endringer mellom åpen fastmark og innmarksbeite (som definert i AR5)

Det er faktisk en del overganger mellom åpen fastmark og innmarksbeite, og de forekomstene vi har sett på er reelle nok.

Overgang åpen fastmark til innmarksbeite er mye mindre i Byggesonen enn i Marka (hhv. 81 og 220 dekar). Mens overgang innmarksbeite til åpen fastmark er litt større i Byggesonen enn i Marka (hhv. 44 og 24 dekar).

At det i perioden har vært en økning i innmarksbeite i landbruksområdene samsvarer med en generell økning vi også har sett ellers, og kan være et resultat av regelverk og støtteordninger. Det er totalt 1385 dekar nytt innmarksbeite hvorav 966 er etablert i tidligere skog. Det er flere aktive bruk i Byggesonen, blant annet på Bygdøy og Østensjø.

Det er i tillegg to prosesser, som er ganske langsomme og går hver sin vei:

- Brakklegging av marginalt jordbruksareal til åpen fastmark (i gjengroing eller som friarealer)
- Rydding av brakklagte arealer til innmarksbeite (blant annet hestehold på eiendommer i utkanten av byggesonen)

Det er nok litt tilfeldig hva som fanges opp, og hvilken klassifisering som er riktig til enhver tid kan sikkert diskuteres. Landbrukskontoret godkjenner nye innmarksbeiter og registrerer disse i AR5.



Figur 7. Arealer med fulldyrka jord (ved Huseby) som tidligere har vært vurdert som åpen fastmark, men er reklassifisert til fulldyrka jord da de fortsatt kan fornyes ved pløying (markert med oransje farge).

Endringer til og fra dyrket mark

At det er noe nydyrking i tilknytning til jordbruket i Marka er normalt. At det er nesten like mye nytt dyrka areal i byggesonen er kanskje overraskende. Endringene her skyldes i stor grad ikke endringer i arealtilstand eller –bruk, men omklassifisering av arealer som (kanskje) er ute av drift (illustrasjon Huseby, figur 7) og parselhager til fulldyrka jord.

Det bygges ned fulldyrka jord både i byggesonen og marka. Det er også arealer som legges brakk og omdisponeres til andre formål.

Endringene fra dyrket mark til skog skyldes i hovedsak endringer i arrondering eller justeringer av grenser for jordstykkene.

Reduksjonen av fulldyrka jord og økning i innmarksbeite mellom 2010 til 2015 er reell og godt beskrevet i AR5.

Endringer mellom åpen fastmark og bebygd og samferdsel – AR5 kategorier

Arealtypene bebygd og samferdselsareal i AR5 er oversatt til arealbrukskategorien «utbygd areal» i det nasjonale klimagassregnskapet, mens åpen fastmark i AR5 er oversatt til «annen utmark». Det er store endringer i disse tre AR5-arealtypene (tabell 3), og ganske store overganger mellom annen utmark og utbygd areal (tabell 6). Mens det er rimelig godt samsvar mellom arealbrukskategorien utbygd areal i det nasjonale klimagassregnskapet og arealtypene bebygd og samferdsel i AR5, så er det en forenkling å kode åpen fastmark i AR5 som annen utmark. Det vil ikke være fullt samsvar mellom disse to. Det vil derfor ikke være samsvar mellom det som her er presentert som overganger til og fra «annen utmark»

og det som vil bli presentert i det kommunale klimagassregnskapet for Oslo som vil bli publisert av Miljødirektoratet, da det der er benyttet flere datakilder (se kapittel 2.5 for mer beskrivelse).

Mange av de store endringene i bebygd og samferdsel er resultat av endring av klassifikasjonssystemet i AR5 i 2014, blant annet reduksjon av minstearealet for bebyggelse som gir mer detaljert avgrensning av bebyggelse, samt omklassifisering som følge av endringer i tolkingsinstruks. Dette gjelder særlig for delvis opparbeida arealer (gårdstun, spredt bebyggelse, parker, idrettsanlegg, kirkegårder, etc.) som det er mye av i Oslo. Det er som følge av dette også endret en del areal fra bebygd til skog.

Overgangen fra åpen fastmark til bebygd og samferdsel er også resultatet av reell fortetting. I figur 8 er et eksempel på arealer som er omklassifisert fra Åpen fastmark til Bebygd fordi tettheten av bebyggelse og graden av opparbeiding er økt.



Figur 8. Eksempel på fortetting. Idrettsplass ved Grefsen som er oppgradert og delvis bebygd. Nede til venstre et plenareal hvor det er kommet flere småveier.

Endringer fra skog til utbygd areal

Utbygging i naturområder (Søndre Nordstrand, Holmenkollåsen) og fortetting i bebygde områder utgjør omtrent halvparten av overgangen fra skog til utbygd areal (bebygd og samferdsel i AR5), inklusiv etterslep i ajourhold før 2011. Dette klassifiseres som avskoging under Kyotoprotokollen.

2.6 Forholdet mellom endringsanalysen og klimagassregnskapet

I klimagassregnskapet for kommunene som Miljødirektoratet vil publisere er flere datakilder enn AR5 brukt, blant annet SSB Arealbruk som er basert på flere detaljerte datakilder, som i Oslo kommune er bedre ajourført enn AR5. For Oslo vil dette slå ut i mindre endringer, spesielt i Byggesonen. Tabell 6 viser brutto endringer per kategori i arealbrukssektoren.

AR5 egner seg på grunn av nevnte forhold ikke så godt til å beregne arealendringene fra 2010 til 2017. Ved å inkludere andre bedre ajourførte datakilder kan endringer beskrives mer presist. Det er uansett krevende å beregne endringer lenger tilbake i tid da det ikke er datakilder som er lett tilgjengelige digitalt.

SSB arealbruk er et kartdatasett som årlig gir status for bebygd og opparbeidet areal og hvordan dette brukes. Datasettet er basert på det kvalitetsmessig beste av en rekke digitale kartdata (i hovedsak fra N50, NVDB, Matrikkelen og FKB (inkl. AR5)), og antas for Oslo kommune holde høy kvalitet. SSB Arealbruk har bedre informasjon om bebygd og «aktivt brukt» areal enn AR5 alene. Dette gir muligheten for å dele arealbrukskategoriene (spesielt «åpen fastmark») videre til bebygd og andre arealer, samt fange opp mindre arealendringer som følger av fortetting.

Når begge datakilder brukes vil en del av de store overgangene til «utbygd areal» «dempes». Dette er illustrert i figur 9 og 10 fra Alfaset kirkegård. Når bare AR5 brukes (figur 9) skjer en stor endring fra 2010 til 2017 ved at kirkegården er omklassifisert til bebygd. I tillegg fanges utbygging ved godsterminalen opp, samt en påbegynt utvidelse av kirkegården. Når AR5 og SSB arealbruk legges sammen (figur 10) ser vi at kirkegården ikke endrer arealbrukskategori; den er «utbygd areal» både i 2010 og 2017. I tillegg ser vi at SSB arealbruk er bedre ajourført og at mer av utvidelsene ved godsterminalen fanges opp. Når denne metoden benyttes vil effekten av omklassifiseringer og dårlig ajourhold i AR5 dempes, og arealregnskapet bli mer nøyaktig.



Figur 9. Område ved Alfaset kirkegård klassifisert i henhold til klimagassregnskapet bare med AR5 i 2010 (venstre) og 2017 (høyre). Fargene representerer arealbrukskategorier slik som presentert i tabell 4 (dvs. rosa er utbygd areal, oransje er fulldyrka mark, grønt er skog og lysegrå er annen utmark).



Figur 10. Område ved Alfaset kirkegård klassifisert i henhold til klimagassregnskapet med AR5 og SSB arealbruk i 2010 (venstre) og 2017 (høyre). Fargene representerer arealbrukskategorier slik som presentert i tabell 4 (dvs. rosa er utbygd areal, oransje er fulldyrka mark, grønt er skog og lysegrå er annen utmark).

Tabell 7. Brutto endringer per arealtype basert på arealbrukskategorier i det nasjonale klimagassregnskapet. Denne vil ikke være identisk med det kommunale klimagassregnskapet som vil bli publisert av Miljødirektoratet, men er en litt enklere tilnærming til «oversettelse» av arealtyper i AR5 og SSB arealbruk til klimagassregnskapets definisjoner. Tabellen gir imidlertid en indikasjon på hvilke overganger som har vært tilstede og omfang i perioden 2010 til 2015. Areal i dekar.

		2015					
	Totalt	Dyrket mark	Skog	Beite	Annen utmark	Utbygd areal	Myr
2010	Dyrket mark	0	378	104	212	36	2
	Skog	257		939	855	637	409
	Beite	93	122		43	8	2
	Annen utmark	369	1 328	291		380	90
	Utbygd areal	24	1 503	6	594		39
	Myr	0	5	0	0	4	
	Sum 2017	743	3 336	1 340	1 704	1 065	542
	Sum 2010						

Hvis vi ser på overgangen skog til utbygd areal i tabell 7 er 637 dekar, mens overgangen skog til utbygd areal i tabell 6 er hele 4368 dekar. Forskjellen skyldes altså i hovedsak tre forhold:

- En del «halvgrønne» områder er i AR5 systematisk endra fra skog til bebyggd, blant annet kirkegårder.
- Mange områder i bebyggelsen tilhører i SSB arealbruk arealbrukskategorien som er «utbygd areal» i 2010 og endrer ikke status.
- Tidsperioden i tabell 7 er kortere (2010 – 2015), og etterslepet i ajourhold er mindre i SSB arealbruk enn i AR5 alene.

2.7 Noen kommentarer om arealendringer og tiltak med klimaeffekt

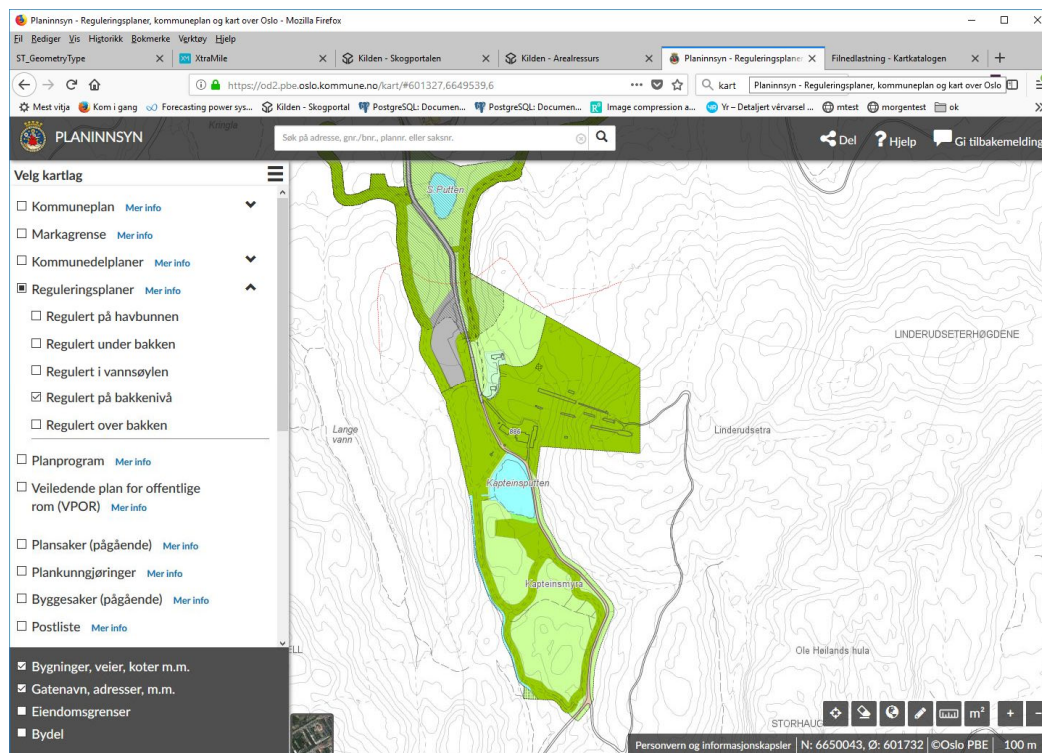
En del av endringene fra skog til åpen fastmark (ca. 300 dekar) er større utvidelser av idrettsanlegg i Marka, og blant annet ved Wüllerløypa og Linderudkollen er det utvidelser som ennå ikke er registrert. Dette er avskoging, og vil kunne gi et betydelig tap av karbonbeholdninger (se kapittel 4.2 Omdisponering av arealer).

Generelt er status at det er relativt små arealer med åpen myr og torvmark. Til gjengjeld er betydning for klimagassutslipp desto større når disse berøres. Betydningen vil variere med type inngrep, men dersom hele sjiktet med organisk jord fjernes kan det være betydelig (se kap. 2). Vi viser i figur 11, 12 og 13 eksempler der organisk jord er berørt. Et eksempel på endringer i Marka kan være ved Linderudkollen, hvor arealbruksendring har påvirket tidligere myr (organisk jord) (Figur 11). Regulering og utbygging er gjennomført i henhold til plan (Figur 12).

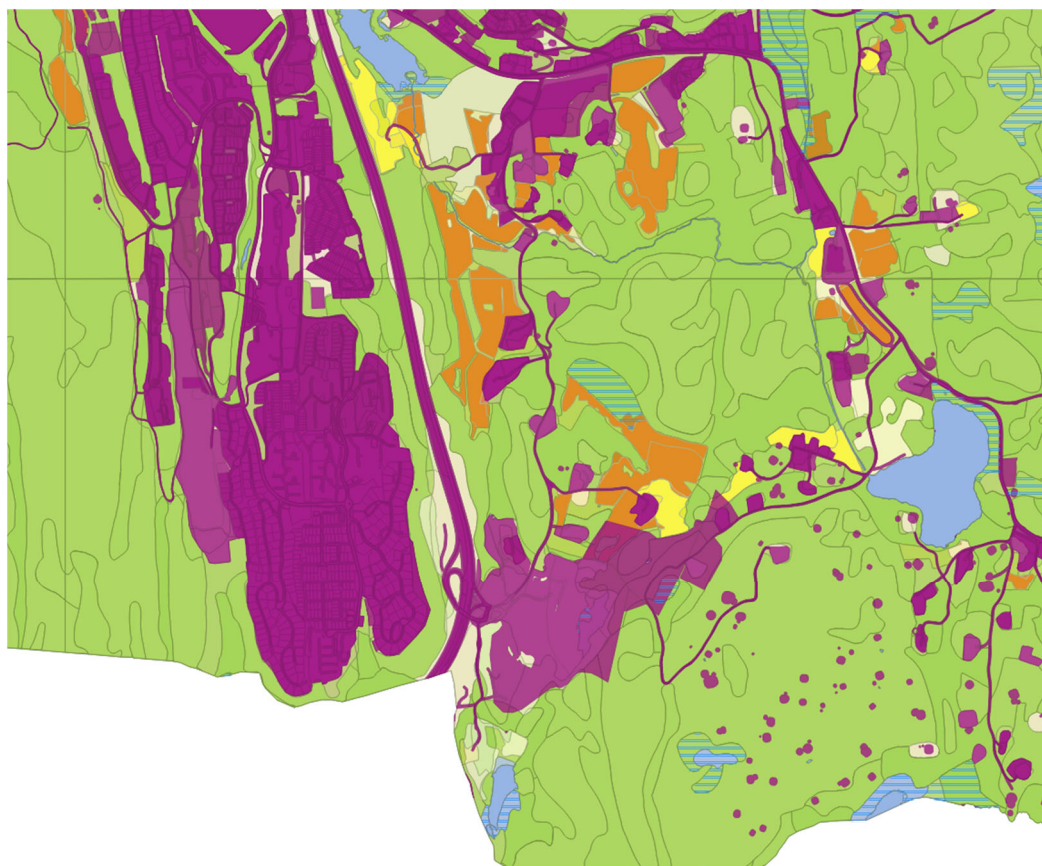
Et annet eksempel det planlagte utbyggingsområdet Gjersrud-Stensrud (figur 13), hvor store arealer vil bli konvertert. Her er det identifisert og omtalt våtmarksområder, blant annet i flom-overvannstrategi og som sårbare områder, og det er noen steder etablert hensynssoner. Dersom disse berøres vil det imidlertid potensielt også kunne medføre betydelige utslipp.



Figur 11. Eksempel på endringer i Marka, her ved Linderudkollen, som har påvirket tidligere myr (organisk jord). Fargene representerer arealtypene i AR5 slik som definert i tabell 1 (dvs. rosa er utbygd areal, grønt er skog, mv.). Det mørke rosa er endringer i AR5 mellom 2010 og 2017.



Figur 12. Plan for regulering og utbygging ved Linderudkollen, illustrert ved skjermdump fra kommuneplan for Oslo.



Figur 13. Arealstatus for området Bjørndal, Gjersrud og Stensrud basert på AR5 og SSB arealbruk (2017). Her er det planlagt utbygging som potensielt kan berøre arealer med organisk jord (blå skravur). Fargene representerer arealtypene i AR5 slik som definert i tabell 1 (dvs. rosa er utbygd areal, gult er overflatedyrka, oransje er fullt dyrka mark, grønt er skog, mv.).

Det er politisk fokus på fortetting, og blant annet skriver regjeringen på sine nettsider at «*Miljøvennlig by- og tettstedsutvikling forutsetter at ny utbygging i hovedsak skjer gjennom fortetting, transformasjon og mer effektiv bruk av arealer innenfor byggesonen. ... Et bedre bymiljø oppnås ved å utvikle tettere byer og steder som er tilrettelagt for gange, sykkel og kollektivtransport. Dette gir nærhet til service- og kulturtilbud, mangfold og variasjon.*» (Regjeringen 2018). Det kan være opplagte klimafordele ved fortetting, blant annet knyttet til nærhet til kollektivknutepunkt, men også ved at det legges til rette for fjernvarmeanlegg eller andre kollektive varmeløsninger (St.m. Norsk klimapolitikk 2011-2012). Imidlertid så vil fortetting i byggesonen, som vi her viser i noen eksempler, kunne medføre utslipp av CO₂ fra både jord og biomasse, samt redusere framtidig opptak av CO₂ på arealet, på linje med nedbygging av andre arealer. Det kan derfor være viktig å være bevisst hva slags arealer en bygger ned, også ved fortetting innen byggesonen. Et eksempel på fortetting gjennom nedbygging av produktiv skog ved Markagrensa er vist i figur 14.



Figur 14. Eksempel på fortetting ved markagrensa (flybilde 2018, AR5 2010) med nedbygging av produktiv skog. Markagrensa er markert med svart linje, og skravert område er innenfor markagrensa. Grønn farge indikerer arealer som var skog i 2010. Flyfoto fra 2018 illustrerer fortetting/bebyggelse på disse skogarealene.

I figur 15 vises en nokså typisk endring i utkanten av bykjernen (Hasle/Løren), med fornyelse, nedbygging og nye vannspeil. Det er vanskelig å beregne klimaeffekten av slike endringer, og ikke minst vurdere forskjeller i effekt mellom planalternativer. Det er heller ikke å forvente at et klimagassregnskap basert på en nasjonal løsning klarer å håndtere dette riktig, selv om kartdata ajourføres ofte og nøyaktig. For en fremmed er kanskje det mest påfallende i bildemontasjen ikke vannspeilet, men hvor mye nytt veiareal og rundkjøringer det er blitt med omtrent samme bygningsmasse.



Figur 15. Eksempel på fortetting og transformering ved Hasle (flybilde 2008 til venstre og 2016 til høyre). Kilde. norgebilder.no

3 Opptak og utslipp klimagasser knyttet til ulike arealbruk

3.1 Generelt

Inkludert i det nasjonale klimagassregnskapet for arealbrukssektoren er utslipp av CO₂, N₂O og CH₄, samt opptak av CO₂. Det rapporteres endringer i fire ulike karbonbeholdninger;

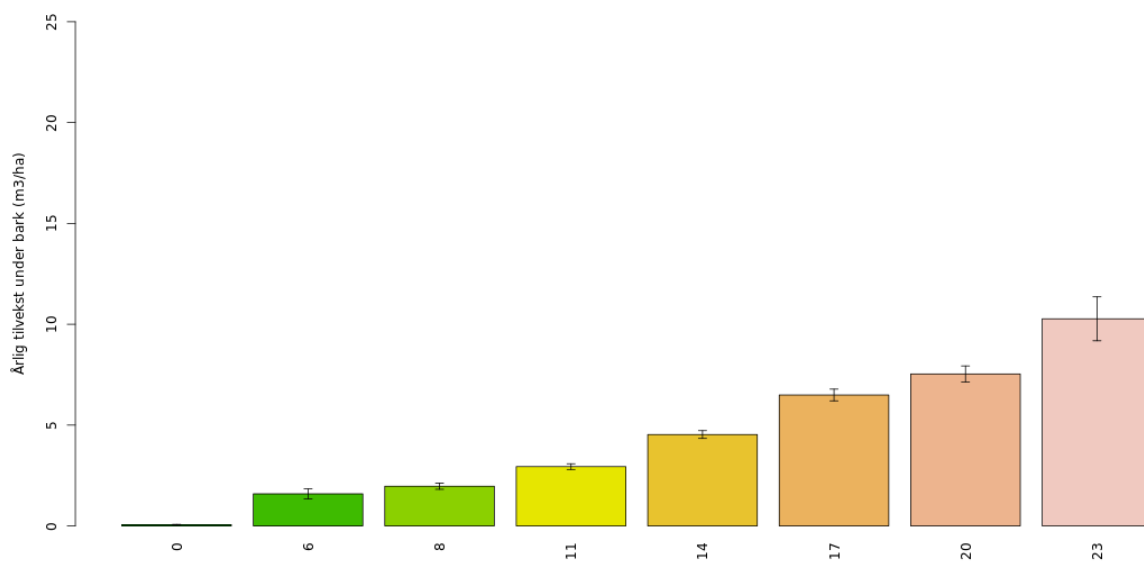
- levende biomasse
- dødt organisk materiale (strø og død ved),
- mineraljord
- organisk jord

I det nasjonale utslippsregnskapet skilles det mellom arealer som har vært i samme arealbrukskategori i over 20 år («gjenværende arealer») og arealer som er blitt omdisponert fra annen arealbruk for mindre enn 20 år siden («arealer i overgang»). Dette gjøres fordi det generelt er en annen karbondynamikk i arealer som nylig er konvertert (<20 år) sammenlignet med arealer som har vært i samme arealbrukskategori over lengre tid (> 20 år). For drenert organisk jord er det ikke nok kunnskap foreløpig for å beregne dette ulikt, så for disse arealene er utslippene fra jordsmonnet beregnet på samme måte for både gjenværende arealer og arealer i overgang.

3.2 Levende biomasse

I det nasjonale klimagassregnskapet beregnes utslipp og opptak i levende biomasse primært basert på målinger av trær i felt gjennom Landsskogtakseringen. Vi kan derfor ikke gjengi konkrete utslippsfaktorer her, men i det kommende klimagassregnskapet for Oslo kommune publisert av Miljødirektoratet vil det være beregnet representative faktorer basert på Landsskogtakseringen.

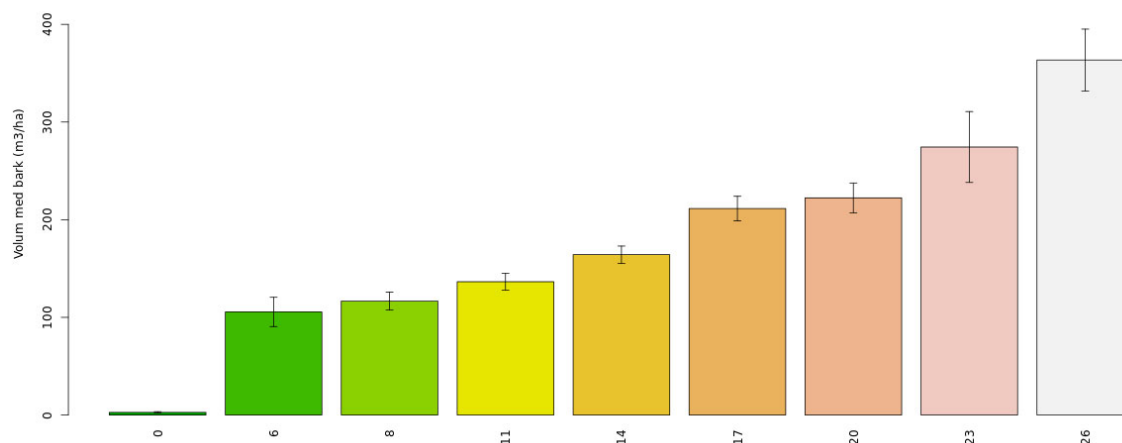
Skog er den dominerende arealbrukskategorien med hensyn på levende biomasse, og generelt er det slik at jo høyere produksjonsevne marka har (bedre bonitet) desto høyere opptak av CO₂ har skogen. Opptak av CO₂ er tett korrelert med skogens tilvekst, og som en tommelfingerregel kan en ta utgangspunkt i at en tilvekst på 1 m³ tilsvarer opptak av om lag 1 tonn CO₂. I figur 16 er vist middeltall for årlig tilvekst for Oslo og Akershus basert på fylkestakst i Landsskogtakseringen i 2013. Det er et for lavt antall Landsskogflater i skog i Oslo (38 prøveflater) til å lage presentasjoner bare for Oslo, og i figurene vist nedenfor så utgjør skogarealet i Akershus om lag 91 % av arealgrunnlaget. Vi antar at skogforholdene er relativt like, og at figurene dermed er egnet til å gi et bilde av situasjonen også i Oslo.



Figur 16. Middeltall for årlig tilvekst i m³ per ha i Oslo og Akershus basert på Landsskogtaksringens fylkestakst i 2013. Kategoriene 6 – 23 på x-aksen er bonitetsklasser i produktiv skog, og 0 omfatter alle arealtypene som kan ha tresetting, unntatt produktiv skog. Kategoriene 6 og 8 tilsvarer lav bonitet, 11 og 14 middels bonitet, 17 og 20 høy bonitet, og 23 og høyere svært høy bonitet. Det er også høyere boniteter enn 23, men på et veldig lite areal, og usikkerheten i dataene så høy at vi har valgt å ikke vise de for årlig tilvekst. Kilde: <https://landsskog.nibio.no/>

Det er også slik at de største karbonbeholdningene i levende biomasse gjerne er på arealer med høy bonitet. I figur 17 er vist middeltall for stående volum i ulike boniteter for Oslo og Akershus basert på fylkestakst i Landsskogtaksringen i 2013. Det tilsier at de største utslippene knyttet til levende biomasse ved foryngelseshogst eller avskoging¹ generelt vil komme på høye boniteter.

Sammenfattet kan man si at avskoging av skog med høy bonitet fører til et større tap av opptaksevne av CO₂ og allerede bundet CO₂ enn avskoging av skog med lav bonitet.



Figur 17. Middeltall for stående volum i m³ per ha i Oslo og Akershus basert på Landsskogtaksringens fylkestakst i 2013. Kategoriene 6 – 23 på x-aksen er bonitetsklasser i produktiv skog, og 0 omfatter alle arealtypene som kan ha tresetting, unntatt produktiv skog. Kategoriene 6 og 8 tilsvarer lav bonitet, 11 og 14 middels bonitet, 17 og 20 høy bonitet, og 23 og høyere svært høy bonitet. Kilde: <https://landsskog.nibio.no/>

¹ Avskoging er når arealet permanent endrer arealbrukskategori fra skog til noe annet (f.eks. utbygd areal eller dyrket mark). Foryngelseshogst er når arealet avvirknes, for så å forynges med ny skog.

3.3 Organisk jord

For organisk jord benyttes i det nasjonale klimagassregnskapet utelukkende standard utslippsfaktorer fra FNs klimapanel sine retningslinjer (IPCC 2014a). Det skilles ikke mellom gjenværende arealer og arealer i overgang. Det vil si at utslippsfaktorene i tabell 8 benyttes både på arealer som har vært i arealbrukskategorien i over 20 år, og arealer som har blitt drenert eller omdisponert senere. Som tabellen illustrerer er de høyeste utslippene per arealenhet knyttet til dyrket mark.

Tabell 8. Standard utslippsfaktorer fra FNs klimapanel (IPCC) sine retningslinjer (IPCC 2014a) for drenert organisk jord, samt standard faktor for andel av totalareal med grøfter (IPCC 2014a), er lagt til grunn i det nasjonale klimagassregnskapet for Norge. I det nasjonale klimagassregnskapet er det utslippsfaktorene i denne tabellen som benyttes (NIR2018). For beite bruker Norge faktorene for næringsrike arealer med et grunt grøftesystem («shallow-drained, nutrient rich grassland»). Merk at faktorene er oppgitt per hektar (ikke dekar).

Kilde	Dyrket mark	Beite	Skog ^a rik	Skog ^a fattig	Torvuttak
CO ₂ (tonn CO ₂ -C ha/år)	7,9	3,6	0,93	0,25	2,8
N ₂ O (kg N ₂ O-N ha/år)	13	1,6	3,2	0,22	0,3
CH ₄ areal mellom grøfter (kg CH ₄ ha/år)	0	39	2,0	7,0	6,1
CH ₄ for grøftene (kg CH ₄ ha/år)	1165	527	217	217	542
Arealandel grøft	0,05	0,05	0,025	0,025	0,05

a) For skogen på nasjonalt nivå er 79 % av alle drenerte flater næringsrike og 21 % næringsfattige. Det gir en gjennomsnittlig faktor på 0,79 for CO₂, 2,57 for N₂O og 2,97 for CH₄.

Ved nedbygging (bygninger, infrastruktur, næringsareal, o.l.) vil i mange tilfeller all den organiske jorda fjernes.

For skog har en noe informasjon om karboninnhold fra en studie av Strand mfl. (2016). Dette er basert på 106 jordprofiler ned til 70 cm i våt organisk jord. Basert på dette kan en beregne en utslippsfaktor på 31,32 tonn karbon (C) per dekar dersom disse øverste 70 cm fjernes. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig karboninnhold av 45 kg C per m³ jord².

Dersom en i forbindelse med etablering av et boligfelt fjerner et myrareal på 10 daa med en gjennomsnittlig torvdybde på 2 m, og legger karboninnholdet fra nevnte jordprofiler til grunn, så vil det tilsvare et umiddelbart utslipp på om lag 3 300 tonn CO₂³. Dersom arealet dreneres, men ikke fjernes, (for eksempel ved anleggelse av golfbane, parkanlegg, eller annet) så vil en ha et gradvis utslipp av CO₂. Ved slike overganger til utbygd areal skal normalt utslippsfaktoren for dyrket mark fra tabell 8 legges til grunn for beregning av årlig utslipp.

I prinsippet skal utslippet beregnes som et umiddelbart utslipp av alt karbon dersom torva fjernes. I det kommunale klimagassregnskapet som vil bli publisert av Miljødirektoratet er det valgt en annen tilnærming, da en ikke er kjent med karboninnholdet i den organiske jorda, hvorvidt all jord fjernes, og hvilken dybde den organiske jorda har. Så her er det lagt til grunn utslippsfaktoren for dyrket mark på alle overganger til utbygd areal på organisk jord. For bruk ved planlegging kan markslag i økonomisk kartverk ha relevant informasjon. Det inneholder blant annet klassifisering av myrer og torvmark som er egna til nydyrking. Dette historiske datagrunnlaget er tilgjengelig, og inneholder mer detaljert informasjon blant annet om myrddybde enn AR5⁴.

² 313,2 tonn/10000/70*100=0,0447 kg

³ 0,0447 tonn C/m³ * 20 000 m³ = 894 tonn C. 894 tonn C * (44/12) = 3 278 tonn CO₂

⁴ <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/norsk-institutt-for-biookonomi/digitalt-markslagsskart-dmk-historisk-datasett/ee64e4fb-70b2-485f-9d98-cecob7d41deb>

3.4 Mineraljord

Mesteparten av jordbruksproduksjonen i Oslo skjer på mineraljord (under 0,5 % organisk dyrka jord, ref. tabell 5). Generelt har det vært relativt små endringer i dyrkingspraksis, men i noen fylker har det vært en øking i tilførsel av husdyrgjødsel. Det har resultert i at det på nasjonalt nivå rapporteres positive jordkarbonendringer, altså karbonopptak i mineraljord for dyrket mark. Også for skogarealene dominerer mineraljord i Oslo (om lag 2 % organisk jord, ref. tabell 5), og også her rapporteres det et lite opptak på nasjonalt nivå. Generelt er imidlertid de årlige endringene små for beholdninger av jordkarbon i mineraljord.

3.5 Utslipp av øvrige klimagasser

For organisk jord beregnes utslipp av lystgass (N_2O) og metan (CH_4) jamfør tabell 8 i kapittel 3.3. Lystgass for dyrka mark og beite rapporteres i jordbrukssektoren, øvrige i arealbrukssektoren.

Utslipp av lystgass beregnes også for mineraljord, blant annet som direkte N_2O utslipp fra mineralisering av mineraljord. Den årlige N mineralisering beregnes kun hvis det er karbontap. Det kan derfor bemerkes at når en arealbrukskategori har en positiv karbonendring, hvilket er tilfellet for gjenværende dyrket mark på nasjonalt nivå, blir N_2O fra mineralisering lik null.

4 Potensial for netto utslippsreduksjoner

4.1 Innledning

Generelt vil det være to forhold som påvirker størrelsen av utslipp og opptak i arealbrukssektoren; det er omdisponering av arealer (endring av arealbrukskategori), og det er tiltak som øker opptak eller reduserer utslipp knyttet til en gitt arealbruk. Begge forhold synes relevante for Oslo kommune.

I klimagassregnskapet beregnes kun utslipp og opptak på forvaltede arealer. Det vil si at naturlige svingninger for eksempel i utslipp av metan (CH₄) fra uberørte myrer ikke rapporteres, men om myra dreneres og endrer arealbrukskategori til for eksempel dyrket mark som vil utslipp fra arealet beregnes og rapporteres.

I dette kapitlet sier vi noe om potensial for netto utslippsreduksjoner i arealbrukssektoren i Oslo. Det er viktig å ha med seg at klimaregnestykket mer komplisert enn netto utslipp av klimagasser knyttet til arealbruksendringen eller tiltaket. Arealbruksendringer vil også påvirke biogeofysiske faktorer som arealets albedo. For eksempel vil påskoging av et åpent område med gran vil gi en mørkere overflate, og dermed påvirke arealets albedo. Samtidig bør klimaregnestykket i forbindelse med en omdisponering eller et tiltak også inkludere andre sektorer. For eksempel kan plassering av nye boliger i nærhet til kollektivknutepunkt gi reduserte utslipp i transportsektoren, eller tettere planting og tynning kan gi økt tilgang til bioenergi og dermed reduserte utslipp i energisektoren. Vi går i dette notatet ikke inn på klimabetydning for andre sektorer.

For både omdisponering av arealer og tiltak er det mange hensyn som skal ivaretas, for eksempel næringsmessige hensyn, jordvern og biologisk mangfold. For skogbruk og jordbruk vil det ofte kunne være et samsvar mellom klimatiltak og sektorenes næringsinteresser. Likeledes vil det med hensyn på omdisponering av arealer gjennom avskoging eller drenering av myrarealer oftest være samsvar mellom hensyn til klima og biologisk mangfold. I kapittel 5, hvor vi beskriver ulike klimatiltak i arealbrukssektoren, så vil vi også peke på mulige konflikter mellom ulike hensyn.

4.2 Omdisponering av arealer

Avskoging

Avskoging (det vil si en permanent endring av arealer fra skog til andre formål; arealene forynges ikke etter hogst) er på nasjonalt nivå en betydelig utslippskilde (Breidenbach mfl. 2017).

På nasjonalt nivå ser en at det generelt er små arealenheter som avskoges, men som i sum utgjør et betydelig utslipp (Breidenbach mfl. 2017). Fra 2010 til 2017 har det vært en *netto* reduksjon i skogarealet i Oslo på 1 % (tabell 4). Det samlede arealet som er avskoget i perioden 2010 – 2017 i Oslo utgjør om lag 7 600 daa (tabell 6), et avskogingsareal tilsvarende 152 fotballbaner⁵ årlig. Samtidig har Oslo en relativ høy andel midlere og høye boniteter (tabell 9), som normalt har en betydelig høyere karbonbeholdning enn lave boniteter. Det gjør at et styrket fokus på betydningen av avskoging kan være en viktig faktor for å redusere utslipp knyttet til arealbrukssektoren, og at en er bevisst at dette (som vist i kapittel 2) kan være en aktuell problemstilling også ved fortetting i byggesonen. I grøntregnskapet for Oslo pekes det på fortetting i småhusområder som en viktig årsak til reduksjon i vegetasjonsdekke (Oslo kommune 2018). Selv om grøntregnskapet ikke skiller mellom skog og annen

⁵ Basert på at en 11-er fotballbane skal være 68x105 meter.

vegetasjon, så indikerer funnet at en bør være bevisst at fortetting også medfører tap av karbonbeholdninger.

Ved avskogingen mister man også arealer med trær som kan ta opp CO₂, dvs. muligheten for å redusere karboninnholdet i atmosfæren, og fremtidige substitusjonsmuligheter basert på tømmer fra dette arealet. Betydningen for klima er altså større enn det rene utslippet knyttet til arealbruksendringen.

Tabell 9. Fordeling av boniteter i skog i Oslo basert på AR5, og netto endring fra 2010 til 2017 (dekar og prosent).

AR5 bonitetsklasse	Bonitet	2010	2017	Endring	%-vis reduksjon
11	Impediment	16 952	16 582	-370	2 %
12	Lav	59 775	59 239	-536	1 %
13	Middels	110 327	109 494	-833	1%
14	Høy	99 260	98 301	-959	1 %
15	Særs høy	24	25	1	
totalt		286 338	283 641	-2697	
produktiv		269 386	267 059	-2327	

Påskoging

FNs klimapanel peker på påskoging som et klimatiltak. Jamfør tabell 6 ser en at det har vært en ikke ubetydelig overgang fra åpen fastmark («annen utmark») og utbygde arealer til skog. Vi har ikke analysert disse endringene, men ser ut fra noen eksempler at en viktig årsak kan være gjengroing av «restarealer» i boligområder og næringsarealer som tidligere var jordbruksareal. Disse arealene kan kanskje ha et enda større potensiale for å ta opp CO₂ og bygge et karbonlager i levende biomasse (trær) ved aktive tiltak som planting (sammenliknet med at arealene gror sakte igjen av seg selv).

Drenering av organisk jord

En annen sentral kilde til utslipp er drenering av myr; det vil si drenering av arealer med organisk jord (histosols). Generelt gir dette et tap av karbon fra jordsmonnet, og det vil være et godt klimatiltak å unngå drenering av myr (merk at myr i denne sammenheng er knyttet til en jordsmonnsdefinisjon, og ikke en botanisk definisjon).

Det er forbudt å grøfte myr for skogproduksjon⁶, og et mulig forbud mot nydyrking av myr er under behandling⁷. Også utfasing av uttak av torv er under utredning (Miljødirektoratet 2018).

Det mest sentrale potensialet for Oslo kommune når det gjelder drenering av organisk jord kan synes å være knyttet til utbygging av arealer, til boområder, idrettsanlegg, næringsarealer, mv. (se eksempler i kapittel 2.7). Og her kan det reelle utslippet bli svært stort (selv ved små arealer) ettersom det i noen tilfeller ikke vil være bare en drenering av arealet, men fjerning av hele jordsjiktet.

⁶ Jf. §5 i Forskrift om berekraftig skogbru: «Nygrøfting av myr og sumpskog med sikte på skogproduksjon er forbode»

⁷ I forbindelse med Nasjonalbudsjettet for 2017 ba Stortinget regjeringen om fremme forslag om forbud mot nydyrking av myr: <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Vedtak/Vedtak/Sak/?p=66653>

Restaurering

Allerede drenerte arealer kan potensielt restaureres. Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet har utarbeidet en plan for restaurering av våtmark på nasjonalt nivå for perioden 2016-2020 (Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet 2016). Restaurering kan ha ulike formål, og hensikten med planen fra Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet er at den skal medvirke til å oppfylle regjeringens målsettinger både om reduserte klimagassutslipp, tilpasning til klimaendringene og bedring i økologisk tilstand. Restaurering av drenerte arealer kan være et godt klimatiltak, men er ikke nødvendigvis det i alle tilfeller. Direktoratene påpeker også i rapporten at det kan være svakheter ved kunnskapsgrunnlaget for beregning av klimaeffekter, og at de «ser det som en naturlig og nødvendig del av planen å framskaffe ny kunnskap om endringer i klimagassutslipp ved restaurering av myr» (Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet 2016). Når drenerte arealer som er i bruk som beite, skog, dyrket mark eller annet tilbakeføres til myr forventes det at CO₂ utslippene reduseres. Andre klimagasser kan derimot øke eller forbli uendret (CH₄, N₂O), og arealets potensielle karbonopptak i trær blir ikke realisert.

Miljødirektoratet har i sin plan for restaurering følgende liste med kriterier for utvelgelse av arealer for å sikre best mulig måloppnåelse med hensyn på klima (Miljødirektoratet og Landbruksdirektoratet 2016):

- *Torvdybde: Torvlaget i myr varierer i dybde. Torva vil gradvis mineraliseres og forsvinne etter drenering som følge av myrsynking. Drenerte myrområder med dype gjenværende torvlag bør prioriteres.*
- *Grøftetilstand og -dybde: Ei drenert myr har utslipp av klimagassutslipp så lenge grøftene effektivt senker vannstanden i myra. Dybden på grøftene påvirker hvor mye vannstanden senkes. Drenerte myrområder med dype og fungerende grøfter bør prioriteres for restaurering.*
- *Vegetasjonsdekke: Netto klimagasseffekt ved restaurering må vurderes, det vil si at et eventuelt tap av tresjikt/annen vegetasjon med vesentlig karbonopptak, må inkluderes i vurderingen. Drenerte myrer uten produktiv skog bør prioriteres.*

4.3 Tiltak på gjenværende arealer

Skog er den største arealbrukskategorien, og også en arealtype hvor det er mulig å gjøre en rekke tiltak for å øke opptaket av CO₂. Det kan derfor være naturlig å vektlegge dette. Ulike tiltak er beskrevet nærmere i kapittel 5.1.

Også i jordbruket er det mulig å gjøre tiltak som kan påvirke karbonbalansen positivt. For arealbrukssektoren er det primært tiltak som kan øke karbonbeholdningen i mineraljorda, eventuelt redusere utslipp fra drenert organisk jord, som vil være aktuelle. Jordbruksarealet utgjør en relativt liten andel av Oslo kommune sitt areal. Ulike tiltak er beskrevet nærmere i kapittel 5.2.

Av de øvrige arealbrukskategoriene så er det primært innenfor kategorien utbygd areal det kan være mulig å gjøre tiltak. Dette er den nest største arealbrukskategorien. Vi har beskrevet mulige tiltak i urbane grøntområder (parker, mv.) og grønne tak, men det har ikke vært mulig innenfor rammene av oppdraget å peke på en tydelig klimaeffekt av disse tiltakene (se kapittel 5.3 og 5.4).

Torvuttak tilhører arealbrukskategorien vann og myr. Oslo kommune har ikke torvuttak, og tiltak her vil dermed ikke påvirke det kommunale klimagassregnskapet for Oslo. Det kan allikevel være mulig å vurdere tiltak knyttet til utfasing av bruk av torv (se kapittel 5.5). Restaurering av drenerte myrarealer tilbake til myr som tiltak er beskrevet under kapitlet om omdisponering av arealer (kapittel 4.2).

5 Mulige tiltak i arealbrukssektoren

Vi beskriver i dette kapitlet noen tiltak som det kan være aktuelt å iverksette innen arealforvaltning og arealplanleggingen. Vi beskriver innledningsvis tiltak i skogbruk («skog») og jordbruk («dyrka mark» og «beite»), og hvor det primært vil være vekt på å øke opptak og karbonlagring. Videre beskriver vi tiltak knyttet til urbane grøntarealer i «utbygd areal» og belyser klimabetydningen av grønne tak. Vi beskriver også om tiltak knyttet til torvuttak, som en del av arealbrukskategorien vann og myr. Den siste av arealbrukskategoriene i det nasjonale regnskapet («annen utmark») skal i prinsippet bestå av arealer som ikke er aktivt forvaltet, og er ikke relevant for Oslo kommune⁸.

5.1 Tiltak i arealbrukskategorien skog - tiltak i skogbruket

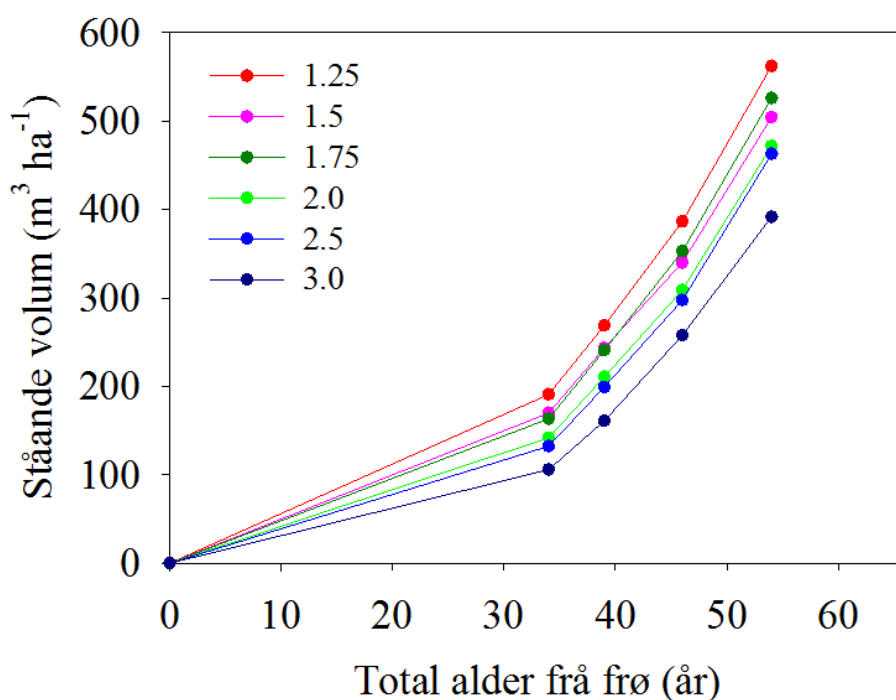
FNs klimapanel sier i sin femte hovedrapport at den observerte temperaturendringen i all hovedsak skyldes overførsel av karbon i langsom omsetting (fossilt karbon) inn i karbonsyklusen med rask omsetting (IPCC 2013). Den sentrale klimautfordringen er dermed å redusere tilførselen av karbon fra det langsomme kretsløpet inn i det raske. Vern av skog for økt karbonlagring vil føre til at det blir mindre biomasse til å erstatte produkter med høy utslippsintensitet. Det gir tilførsel av karbon fra det langsomme kretsløpet til det raske kretsløpet, og løser ikke det grunnleggende langsiktige problemet med klimaendringene.

Miljødirektoratet mfl. publiserte i 2016 en rapport hvor problemstillingen bruk versus vern av skog som klim tiltak ble belyst i kontekst av det vitenskapelige grunnlaget presentert i FNs klimapanel sin femte hovedrapport. Konklusjonen var at forutsatt at råstoffet fra skogen brukes til substitusjon, og at skogen forvaltes bærekraftig slik at det bare er en midlertidig reduksjon i karbonbeholdningen, så er det ikke grunnlag for å si at vern av skog i Norge er bedre enn bærekraftig skogbruk som et tiltak for å motvirke klimaendringer. Det er imidlertid en forutsetning at skogen forvaltes bærekraftig i en klimasammenheng. Bærekraftig skogbruk i klimasammenheng innebærer at skogens produktivitet og evne til å lagre karbon ikke forringes, og at karbonbeholdninger ikke reduseres permanent. Karbonbeholdninger er de enkelte delene som til sammen utgjør karbonlageret, det vil si karbonbeholdningen i jorda, i strøsjiktet, i død ved og i levende biomasse.

At evnen til å lagre karbon ikke forringes og at karbonbeholdninger ikke reduseres permanent er forutsetningen for bruk av skogen, men det ligger også et potensial i å øke klimanytten av skogen. Det ligger i å øke opptaket av CO₂ (evnen til å lagre karbon), samt å øke den potensielle substitusjonsnyttens gjennom både å gi økt tilgang til råstoff, samt å forvalte skogen slik at en større andel av biomassen/tømmeret kan benyttes som råstoff til langlevde produkter.

Det å sikre foryngelse etter hogst er en naturlig følge av definisjonen av bærekraftig skogbruk, og er viktig både for å opprettholde produksjonsgrunnlaget og for å sikre at karbonbeholdningen bygges rasket mulig opp igjen etter hogst. Tall fra Resultatkontroll for skogbruk viser at det i region 1 – som inkluderer Oslo – så er det 19 % av arealet hvor foryngelsesplikten ikke er oppfylt tre år etter hogst for registreringsårene 2011-2017 (Landbruksdirektoratet 2018a). Tettere oppfølging av foryngelsesplikten kan derfor være et tiltak. Betydning av oppfølging av foryngelsesplikten på nasjonalt nivå er analysert og beskrevet i Søgaard mfl. (2015).

⁸ Arealene som fremkommer som «annen utmark» i tabellene i kapittel 2 vil i all hovedsak klassifiseres i en annen arealbrukskategori enn annen utmark med et bedre datagrunnlag, da det er lite areal i Oslo kommune som reelt sett er annen utmark (som fjell eller isbre).



Figur 18. Utvikling av stående volum i et planteavstandsforsøk plantet på 50-tallet i Vardal prestegårdskog i Gjøvik (Kvaalen 2016).

Betydningen av plantetetthet ved etablering av bestandet er dokumentert gjennom flere langsiktige feltforsøk i skog (Braastad 1979, Haveraaen 1981, Handler 1988). Og det potensielle tapet – den relative effekten av redusert planteavstand – er størst på de gode bonitetene (Gizachew mfl. 2012). Både totalproduksjon og stående volum er høyere, og fortsetter å være høyere, i bestand med høy plantetetthet. I figur 18 er et eksempel fra et planteavstandsforsøk plantet på 50-tallet i Vardal prestegårdskog i Gjøvik. Det er ingen tegn til stagnasjon – det tetteste forbandet produserer fortsatt mest når bestandet nærmer seg 60 år. Et aktuelt tiltak er følgelig å ikke bare sikre foryngelse etter hogst, men at denne foryngelsen kommer opp med en god tetthet. Hvor god tetthet vil avhenge av skogeiers prioriteringer og tanker med hensyn på videre skjøtsel, men som et utgangspunkt kan en legge til grunn planting i de intervallene som nå gir grunnlag for tilskudd (Landbruksdirektoratet 2018b). Enda tettere planting kan potensielt øke klimanytten ytterligere gjennom å gi økt grunnlag for tynning, og dermed høsting av biomasse til substitusjonsformål. I Søgaard og Granhus (2012) er den potensielle betydningen av ulike plantetettheter blitt analysert for Akershus basert på Landsskogtakseringens data.

Skånsomme metoder for markberedning har sannsynligvis liten eller ingen effekt på karbonmengder i jorda over tid over det totale foryngelsesarealet (Søgaard mfl. 2015). Samtidig gir markberedning generelt bedre forhold for foryngelse, og kan dermed øke opptaket av CO₂ i den levende biomassen. Skånsom markberedning kan dermed være et godt klimatiltak (Søgaard mfl. 2015).

Ungskogpleien består av flere elementer, og er viktig for den videre utviklingen av skogbestandet. Etter åpne hogster får en på midlere og bedre boniteter normalt et betydelig oppslag av bjørk og i noen grad andre pionertreslag. Lauvrydding i foryngelsesfelt er et tiltak som normalt vil øke totalproduksjonen betydelig da bjørk gjerne vil hemme granas vekst og utvikling vesentlig (Braathe 1988, Brække og Granhus 2004). Et alternativ til å rydde vekk alt lauvet er å sette igjen bjørk i en såkalt lavskjerm, som tas ut når grana er godt etablert og før den hemmer granas vekst i betydelig grad. Det vil kunne gi noe høyere totalproduksjon på arealet, og øke både opptak av CO₂ og potensiell substitusjonseffekt (gitt at

bjørka nyttiggjøres, f.eks. til ved/bioenergi). Lavskjerm med bjørk som klimatiltak er belyst i Søgaard mfl. (2015).

Avstandsregulering av fremtidstrærne i en bartreforyngelse vil vanligvis inngå i ungskogpleien. I klimasammenheng er det gunstig å øke andelen sagtømmer, og levetiden på de treproduktene vi lager, da lang levetid på produktene øker det totale karbonlageret. Generelt vil økt tetthet i bestandet gi høyere kvalitet gjennom mindre avsmaling, slankere trær med høyere densitet, mindre kvistdiameter og sterkere trelast. God plantetetthet i foryngelsen gir også et større utvalg slik at en kan prioritere trær av god kvalitet som fremtidstrær i ungskogpleien. Samtidig er det som tidligere vist i avsnittet om plantetetthet slik at høyere planteantall generelt gir høyere volumproduksjon. Det kan derfor være gunstig å opprettholde en god tetthet av bartrær som skal stå igjen etter avstandsreguleringen. Anbefalingene fra Skogkurs angir at antallet fremtidsstammer etter siste ungskogpleie bør være på minst 200 trær/daa for granbestand og 250 trær/daa for furubestand, med tanke på optimal verdiproduksjon (Rindal mfl. 2013).

Betydningen av tynning er følsomt for valg av tynningsintensitet, tynningstype og tidspunkt i bestandets liv. Utført riktig behøver ikke tynning redusere totalproduksjonen, men kan øke substitusjonseffekten gjennom at trær som ellers blir utkonkurrert og dør på rot (selvtynning) vil kunne utnyttes (Søgaard mfl. 2015). En analyse av skogforhold i Akershus viste at ved høy plantetetthet kan det være potensial for å øke tynningsaktiviteten og tilgangen på biomasse, og samtidig øke tilvekst og karbonbeholdning i skogen (Søgaard og Granhus 2015).

Gjødsling er et tiltak som vil øke trærnes vekst, og dermed opptak av CO₂. Gjort på riktig måte i de riktige bestandene gir gjødsling en årlig tilvekstøkning på 0,1 – 0,2 m³/daa i en periode på 6 – 8 år. Det gir en økt tilvekst som tilsvarer 0,6 – 1,6 m³/daa som gjødsles, noe som tilsvarer et opptak på 0,6 – 1,6 tonn CO₂. Det anbefales gjødslet på midlere og gode boniteter (11 – 20), noe er de to største bonitetsklassene i Oslo (tabell 9). Miljødirektoratet mfl. (2014) vurderte utslipp i forbindelse med produksjon og spredning av gjødsel, og konkluderte at disse var relativt små sammenliknet med mulighetene for økt CO₂-opptak. Samtidig ble sannsynligheten for betydelig økte utslipp av lystgass (N₂O) vurdert som liten. Det vurderes derfor som et godt klimatiltak. I rapporten fra Miljødirektoratet mfl. (2014) om målrettet gjødsling av skog som klimatiltak er tiltaket belyst også med tanke på andre effekter som betydning for miljø.

Optimal hogstalder fra et klimaperspektiv vil ofte kunne være noe senere enn det som er optimalt fra et privatøkonomisk perspektiv. Betydningen vil avhenge blant annet av hvilket rentekrav som legges til grunn, og dermed når skogen når en økonomisk optimal hogstalder. Implisitt i dette ligger også at avvirkning før økonomisk hogstmodenhet bør unngås. Videre er det ikke gunstig fra et klimaperspektiv å overholde skogen over lang tid, da det vil gi redusert opptak (Dalsgaard mfl. 2015).

Dalsgaard mfl. (2015) vurderte klimabetydningen av lukkede hogster versus flatehogst basert på en litteraturstudie, og fant at lukkede hogster som bledningshogst over tid gir lavere tilvekst, og dermed lavere opptak av CO₂, i den levende biomassen. For jordsmonnet gir en flatehogst et tap i tiden etter hogst på 7 til 22 % (men ikke nødvendigvis et permanent tap), mens en for hogstinngrep som tynning og lukkede hogster (inkludert små gruppehogster) sjelden ser signifikante endringer i jordkarbon. Det er imidlertid lite empirisk grunnlag for å beskrive endringer i jordkarbon, samtidig som det er sterkt påvirket av lokale faktorer (Dalsgaard mfl. 2015). Det synes ikke å være entydig grunnlag for å konkludere om det er mer hensiktsmessig for klima med lukkede hogster versus åpne hogster (flatehogst).

Klimanytten vil være størst når trevirket primært brukes til langlevde produkter og bruk av biomasse til energiformål fokuserer på biprodukter, avfall og etterbruk av langlevde produkter (IPCC 2014b; 11.4.3). I en rapport fra 2015 konkluderte Søgaard mfl. at uttaket av GROT (på nasjonalt nivå) sannsynligvis kan økes uten at fremtidig produksjon (opptak av CO₂) reduseres. Høsting av greiner og topper (GROT) etter hogst kan derfor være et godt tiltak som kan gi økt substitusjonseffekt.

Klimagassregnskapet til UNFCCC for treprodukter omfatter tre produktkategorier: trelast, trebaserte plater og papir- og kartongprodukter. Det enkelte land krediteres for produksjon som går til nasjonalt forbruk og eksport av treprodukter, ikke for import. Nasjonalt forbruk og eksport rapporteres separat.

Nygrøfting av myrarealer for skogproduksjon har vært forbudt siden 2007, men tidligere har det vært en relativt omfattende aktivitet. Det er studier som har dokumentert netto økning av karbonbeholdningen i jorda på arealer med skog på drenert organisk jord (Lohila mfl. 2011, Ojanen mfl. 2013, Lupikis og Lazdins 2017), men også studier som viser utslipp. Særlig vil næringsrike arealer med tidligere jordbruksproduksjon kunne ha høye netto utslipp fra jorda (Mäkiranta mfl. 2007, Meyer mfl. 2013). På 273 ulike drenerte myrområder i Finland viste Minkinen og Laine (1998) at både tap og akkumulering kan forventes, og at jordas karbonbalanse har sammenheng med skogbestandets produktivitet. I tillegg til jordas karbonbalanse, så vil trærne ta opp CO₂ så lenge det er en tilvekst. Hva som er optimalt å gjøre på skogsatte arealer på drenert organisk jord har vi ikke kunnskapsgrunnlag til å konkludere på nå. Det vil sannsynligvis være et spørsmål om skogen bør få stå, avvirket ved hogstmodenhet og forynges på nytt, eller om arealene bør restaureres. Sistnevnte må vurderes også ut fra betydningen av eventuelle utslipp av N₂O og CH₄, da særlig utslipp av metan (CH₄) kan forventes å øke (Christiansen mfl. 2012). Miljødirektoratet og landbruksdirektoratet (2016) anbefaler i sin plan for restaurering at arealer med produktiv skog ikke prioriteres for restaurering. Re-etablering av åpen myr fra grøftet skog vil medføre avskoging gjennom at trærne enten avvirket eller dør på grunn av høy vannstand, og ikke forynges på nytt. Selv om ikke et restaureringstiltak nødvendigvis har positiv klimaeffekt, kan det være positive effekter med tanke på andre hensyn som for eksempel økologisk tilstand.

Byskog, eller urban skog, kan defineres på ulike måter. Gundersen (2004) definerte urban skog som «skog- og utmarksområder som ligger i umiddelbar nærhet til by eller tettsted, der de sosiale verdiene er åpenbart større enn andre verdier». Det er imidlertid stor forskjell på forvaltningen av bynær skog. Søgaard mfl. (2012) definerte byskog som kommunalt eid bynær skog, der hensynet til naturvern og friluftsliv er gitt hovedprioritet i forvaltningen. Oslo kommune forvalter deler av sin skog på denne måten. Betydningen på karbondynamikken av noen aktuelle forvaltningsformer, for eksempel lukket hogst og forlenget omløpstad, er gjengitt i kortform ovenfor.

Generelt vil alle skogskjøtselstiltak påvirke produksjonen, og dermed ha en betydning på opptak av CO₂ og karbonbeholdning i skogen. De vil følgelig fanges opp i klimagassregnskapet gjennom Landsskogtakseringens målinger av tilvekst og volum. Men de fleste tiltak vil ikke kunne måles direkte gjennom klimagassregnskapet (tabell 10).

Tabell 10. Oversikt over tiltakene beskrevet over, med en indikasjon over om tiltakene vil fanges opp av utslippsregnskapet slik det er i dag. Tiltakene kan deles i to, hvor de fleste er ulike skogbehandlingstiltak på eksisterende arealer, mens de tre siste vil være knyttet til endring av arealbruk (til/fra skog).

Tiltak	Beskrivelse	Merknad
Oppfylle foryngelsesplikten	Sørge for at alle arealer som avvirkes forynges innen rimelig tid. Vil gi økt opptak.	Vil fanges opp indirekte (langsiktig tiltak)
Tettere planting	Øke plantetallet per dekar ved foryngelse etter hogst. Vil gi økt opptak.	Vil fanges opp indirekte (langsiktig tiltak)
Markberedning	Kan gi raskere og tettere foryngelse, og dermed øke karbonopptaket. Må utføres skånsomt.	Vil fanges opp indirekte (langsiktig tiltak)
Lauvrydding	Fjerne konkurrerende lauv i ungskogpleien. Kan gi økt totalproduksjon (opptak).	Vil fanges opp indirekte (langsiktig tiltak)
Lavskjerm bjørk	Forynge gran under lavskjerm med bjørk. Kan gi økt totalproduksjon.	Vil fanges opp indirekte (langsiktig tiltak)
Avstandsregulering	Regulere antall og velge ut fremtidstrær i bestandet. Antallet fremtidstrær påvirker totalproduksjon (opptak).	Vil fanges opp indirekte (for sterk reduksjon i treantall vil ha negativ effekt, lavere opptak)
Tynning	Regulering av treantallet når skogen har nådd høstbare dimensjoner.	Vil fanges opp indirekte (for sterk reduksjon i treantall vil ha negativ effekt, lavere opptak)
Gjødsling	Tilføring primært av N-gjødsel vil gi økt vekst (opptak).	Vil fanges opp indirekte
Optimal hogstalder	Optimal hogstalder fra et klimaperspektiv kan avvike fra optimal hogstalder fra et næringsøkonomisk perspektiv	Vil fanges opp indirekte
Påskoging	Etablering av skog på nye arealer. Vil øke skogarealet, og gi økt opptak.	Fanges opp direkte gjennom endring av arealbrukskategori.
Restaurering	Tetting av grøfter og tilbakeføring til åpen myr. Merk at dette vil klassifiseres som avskoging.	Ved endring av arealbrukskategori fanges dette opp direkte.
Avskoging	Reduksjon av skogarealet. Gir utslipp, og redusert fremtidig opptak.	Fanges opp direkte gjennom endring av arealbrukskategori.

5.2 Tiltak i arealbrukskategoriene dyrka mark og beite - Tiltak i jordbruket

For jordbruksjord rapporteres utslipp av lystgass (N_2O) i jordbrukssektoren. Hovedfokus i dette kapitlet er derfor på tiltak som kan øke karbonlagringen i jordbruksjord, eventuelt redusere utslipp av karbon gjennom CO_2 eller metan (CH_4).

For jordbruk vil det ofte kunne være slik at god agnometri i jordbruket samtidig vil være positivt for klima. Dette for eksempel gjennom at dyrkingsteknikker som øker avlingene, og dermed planterester til jorda, kan bidra til motvirke reduksjon i jordas karboninnhold. I tillegg kan ulike tiltak som bruk av fangvekster og vekster med dyptvoksende røtter, nedmolding av halm, bruk av husdyrgjødsel, avløpsslam og kompost kan potensielt bidra til å stabilisere og potensielt øke karboninnholdet i jord (Grønlund mfl. 2008). Dyrkingssystem er også viktig, og Barcena mfl. (2016) rangerer de viktigste dyrkingssystemene etter antall opptak eller tap av karbon slik (basert på Grønlund mfl. 2008):

1. *Varig eng (opp til 100 kg C dekar-1 år-1)*
2. *Vekstskifte gras-åker, direktesådd korn, åkerdyrking med husdyrgjødsel (+0-20 kg C dekar/år)*
3. *Åkerdyrking med redusert jordarbeiding, fangvekster eller nedmolding av halm (+0-10 kg C dekar/år)*
4. *Ensidig åkerdyrking med høstpløying (-30-60 kg C dekar/år)*
5. *Brakk (-50-100 kg C dekar/år)*

Å øke andelen flerårig eng kan være et tiltak for å øke karbonlagringen i mineraljord. Pløying, for eksempel ved korn dyrking, reduserer karboninnholdet (Riley og Bakkegård 2006, Barcena mfl. 2016). Om man endrer driftsform fra åpen åker til flerårig eng så vil karboninnholdet igjen øke. Dette viser at pløying ikke ødelegger mulighetene for karbonlagring. Det er endring i vekster og tilførsel av organisk materiale til jorda som er av betydning for karboninnholdet. Mikrolivet tar ikke opp CO_2 , men de er aktive i nedbrytningsprosessene av det organiske materialet. Slike nedbrytningsprosesser er viktige for frigjøring av næringsstoffer og bidrag til aggregatdannelse og jordstruktur. Dersom en ikke pløyer så blir ikke jorda snudd og organisk materiale blandet inn i ploglaget. Gras har en lenger vekstperiode med aktive røtter over lenger periode. Omlegging fra åker til grasdyrking har størst potensial for å øke karbonlagringen når karboninnholdet i utgangspunktet er lavt. Bakkeplanert jord har et betydelig lavere karboninnhold enn ikke planert mineraljord, og er også mer utsatt for erosjon, og en omlegging til flerårig eng kan derfor være særlig interessant på slike arealer med tanke på å øke karbonbeholdningen i jorda (Grønlund mfl. 2008).

Redusert jordbearbeiding trekkes av og til frem som et tiltak, effekten er dog usikker. Kätterer mfl. (2012) finner at mulighetene for å redusere karbontap ved redusert jordbearbeiding er begrenset under Nordiske forhold. Dette støttes av en norsk studie (Riley 2014) som etter 30 år med forsøk på morenejord i Sørøst Norge fant at redusert jordarbeiding ikke ga en økning i karboninnholdet når en tok med målinger fra hele jordprofilen. Det var en økning i topplaget, men mindre mengder i dypere lag. Økt organisk materiale i topplaget kan bidra til bedre jordstruktur og økt aggregatstabilitet som er viktig for å redusere erosjonsrisiko. Det var også indikasjoner på økt aktivitet av meitemark (Riley 2014). Dog vil redusert jordbearbeiding kunne gi reduserte fossile utslipp gjennom redusert kjøring med maskiner (West og Marland, 2002), og redusert jordbearbeiding kan også være positivt med hensyn på erosjon (Prasuhn 2012).

Fangvekster er planter som dyrkes sammen med ettårige vekster. Det er særlig i korn og etter tidligkulturer av potet og grønnsaker det er aktuelt å dyrke fangvekster. Hensikten er å hindre overflateavrenning, erosjon og nitratutvasking. Vegetasjon en lengre periode av året reduserer risiko

for erosjon og næringstap. Fangvekster kan også bidra til å øke det organiske innholdet i jorda, og bedre jordstrukturen. I Norge kan en potensielt så fangvekster på 60 % (Aronsson mfl. 2016) av det totale korn- og oljevekst arealet (2 850 700 daa for 2016, SSB). Regner en med at fangvekster kan binde 32 kg C pr. daa årlig, utgjør potensialet for karbonlagring i jord 54 733 tonn med 60 % fangvekstareal. Med dagens praksis der 0,8 % (22 400 daa) (Bye mfl. 2017) av kornarealet er fangvekstareal, sparer en utslipp på 717 tonn C (2464 tonn CO₂ årlig). Dersom en øker fangvekstareal til 60 % kan en da få et redusert karbontap på om lag 54 000 tonn C (om lag 198 000 t CO₂ årlig) i forhold til dagens praksis. Denne verdien er litt høyere enn verdien som ble beregnet i Valand mfl. (2017). Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til tallene der blant annet usikkerheten i estimert karbonlagring ikke er tatt med. Det er også flere områder som ikke egner seg til å etablere fangvekster grunnet utfordringer knyttet til blant annet region, klima og jordsmonn. Tall hentet fra den svenske studien gjelder bare for det øvre jordlaget (0-22 cm). Vekster med dype røtter kan også gi karbonlagring i dypere jordlag. Redusert jordarbeiding kan i det øvre jordlaget gi økt karbonlagring, noe som ikke er tatt med i beregningene. Det er derfor usikkert hva karbonlagringen i hele jordlaget blir. Fangvekster som vokser gjennom vekstsesongen, høst og vinter kan ta opp nitrat og indirekte redusere nitrat i jorda. Som følge av reduksjonen kan utslippene av lystgass (N₂O) også potensielt reduseres, men dette er ikke målt (Øygarden and Bechmann 2017). Grønt plantemateriale kan imidlertid avgi lystgass etter vekstperioden. I Norge brukes det flere grasarter, især italiensk og engelsk raigras som fangvekst. I økologisk korndyrking brukes det også belgvekster. Det er viktig at fangvekster har evne til å holde på oppsamlet N fra en vekstsesong til den andre. Tidligere studier av Sturite mfl. (2007) viser at overjordisk plantemasse kan bli utsatt for N tap gjennom vinteren. Tapene varierer betydelig fra år til år (fra 4 til 71% for italiensk raigras og fra 14% til 76% for kvitkløver). Det er ikke målt lystgassutslipp fra fangvekster i Norge, men risiko for lystgassdannning øker når lett nedbrytbar bladmasse er utsatt for fryse-tine episoder. Målinger fra kløver- og grasdominert eng på Tjøtta og Fureneset (N₂O utslipp målt fra oktober til april/mai) viser tydelig at gassfluksene er høyest fra eng med mye kløver (Sturite mfl. 2014).

Tilførsel av organisk gjødsel kan bidra til å øke karboninnholdet i jorda lokalt, men påvirker ikke den globale karbonbalansen og gir derfor ingen effekt på CO₂-innholdet i atmosfæren (Barcena mfl. 2016). Det vil si, totalmengden endres ikke ved at husdyrgjødsel flyttes rundt i landskapet, men lokalt kan karboninnholdet bli høyere der det tilføres husdyrgjødsel. Husdyrgjødsel brytes ned, og nitrogenet gir også lystgass, men en liten del blir igjen til å bygge opp organisk materiale i jorda. Om man sammenligner karboninnholdet mellom jorder som har fått husdyrgjødsel og ikke, så vil det være litt høyere organisk innhold på de areal som har fått husdyrgjødsel.

Tilførsel av biokull er et tiltak som potensielt kan øke karboninnholdet i jorda. NIBIO beskriver det slik på sine hjemmesider: «Biokull er et materiale som likner trekull, og som kan brukes for å øke karboninnholdet i jord og som jordforbedringsmiddel. Biokull lages i en prosess som kalles pyrolyse som innebærer oppvarming av biomasse ved høy temperatur under begrenset tilgang på oksygen. Under pyrolyse gjennomgår karbonet i biomassen endringer på molekylært nivå, noe som fører til at biokull blir svært motstandsdyktig mot biologisk nedbrytning. Det betyr i praksis at hvis man lager biokull og pløyer det ned i jorda, kan det bli liggende der i flere hundre år.» Tidligere studier i Norge og internasjonalt viser at ved bruk av biokull blandet inn i åkerjord kan en forvente økt karboninnhold i jorda og redusert utslipp av klimagassen lystgass (N₂O) fra jord (<https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biokull?locationfilter=true>).

I tabell 11 er gitt en oversikt over noen tiltak, og hvorvidt de fanges opp i klimagassregnskapet for arealbrukssektoren med dagens regelverk og metodikk.

Tabell 11. Noen mulige tiltak innen arealbrukskategoriene dyrket mark og beite. Grønn farge indikerer at tiltaket fanges opp med dagens regelverk og metodikk, rød farge indikerer at det ikke fanges opp. De fleste tiltakene gjelder tiltak i eksisterende arealbrukskategori, mens de to nederste gjelder arealbruksendring.

Tiltak	Beskrivelse	Merknad
Øke andelen flerårig eng (arealbruk)	Økes arealet av flerårig eng på bekostning av ettårige vekster vil det medføre en økning i karbonlagringen i jordsmonnet.	Fanges opp dersom endringen rapporteres gjennom produksjonstilskuddssøknad, og dermed kommer inn i tabell 05982: Jordbruksareal, etter bruken (dekar) 1969 – 2017 fra SSB.
Økt tilførsel av husdyrgjødsel (arealbruk)	En øking av tilførsel av husdyrgjødsel i de områder der hovedvekt ligger på planteproduksjon, og det er liten bruk av husdyrgjødsel i dag, vil kunne ha positiv effekt på karbonbeholdningen i jorda lokalt.	Dette vil fanges basert på statistikk fra SSB for mengde gjødsel fra storfe, gris og fjørfe tilført åker på fylkesnivå).
Bruk av fangvekster (arealbruk)	Fangvekster er planter som dyrkes sammen med ettårige vekster. Bruk av fangvekster kan potensielt være positivt for klima.	Fanges ikke opp i klimagassregnskapet i dag.
Biokull (arealbruk)	Biokull er et materiale som likner trekull, og som kan brukes for å øke karboninnholdet i jord og som jordforbedringsmiddel. ⁹	Fanges ikke opp i klimagassregnskapet i dag. Metodikk for å inkludere dette ligger inne i utkastet til revidert metoderapport fra FNs klimapanel (Vol. 4 kap.2).
Stans i nydyrking av myr (omdisponering)	Nydyrking av myr (drenering av organisk jord med tanke på produksjon av gress, korn, mm.) fører til utslipp av CO ₂ , CH ₄ (primært fra grøftene) og N ₂ O.	CO ₂ og CH ₄ -utslippene bokføres i arealbrukssektoren. N ₂ O-utslippene bokføres i jordbrukssektoren
Restaurering (tilbakeføring) av drenerte arealer (omdisponering)	Reduserer utslipp av CO ₂ og N ₂ O, men øker CH ₄ . På sikt er nettoeffekt positiv.	Dette vil fanges opp, om omfanget/arealet blir stort nok (på samme måte som for nydyrking av myr, da det gir endring i arealtype)

Vi har her pekt på noen tiltak. NIBIO har et pågående prosjekt om «Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jord», finansiert gjennom forskningsmidler over jordbruksavtalen. Rapport er planlagt ferdigstilt i mars 2019, og vil gi en grundig vurdering av muligheter for karbonlagring i landbruksjord.

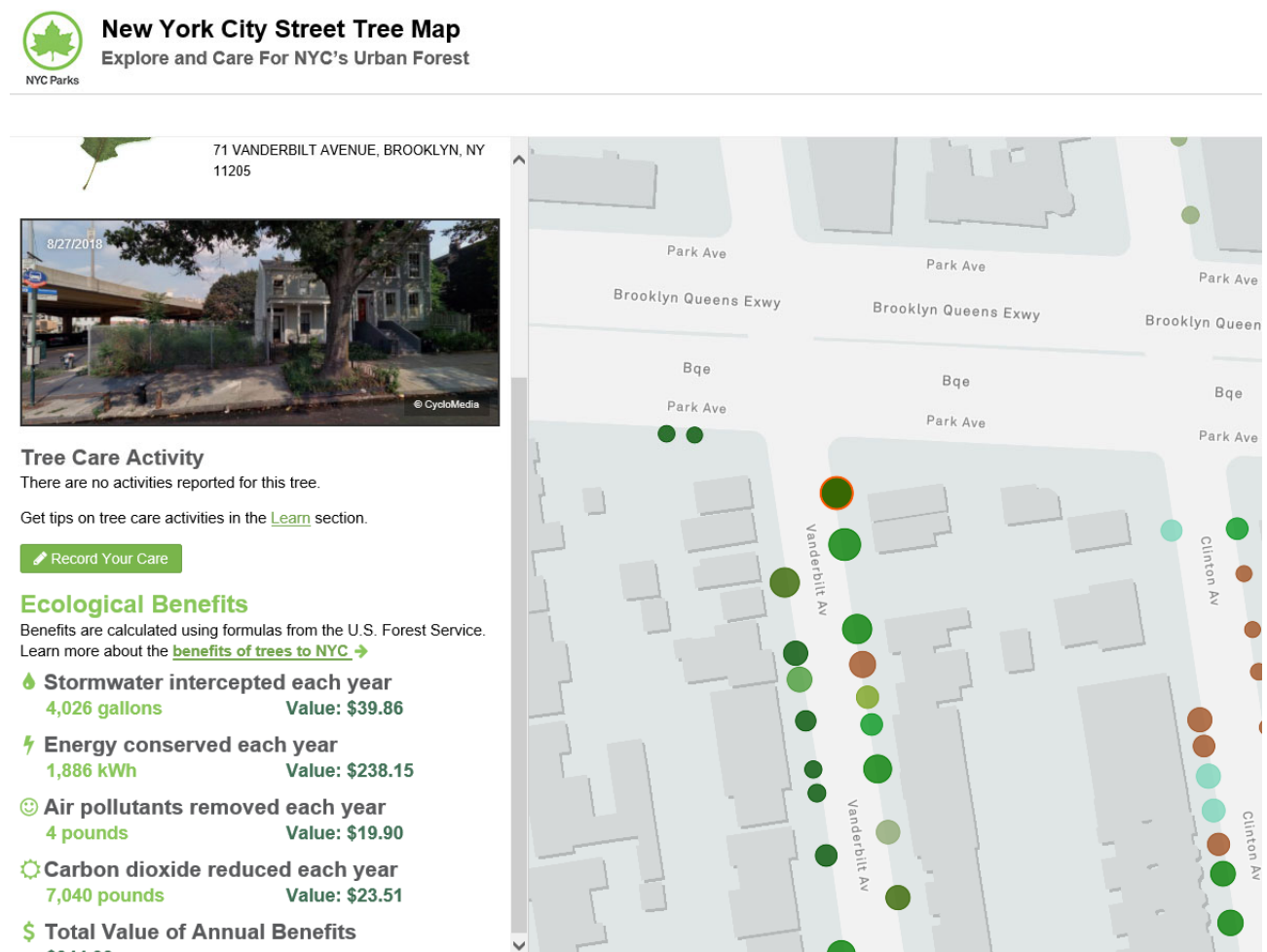
⁹ Kilde: <https://nibio.no/tema/jord/organisk-avfall-som-gjodsel/biokull?locationfilter=true>

5.3 Tiltak i arealbrukskategorien «Utbygd areal» - Urbane grøntområder

Med urbane grøntområder menes i denne sammenheng parker, «friarealer» og f.eks. trær i alléer, og fokus er primært på trær (opptak og lagring av CO₂). I utgangspunktet vil kun det som defineres som skog fanges opp i klimagassregnskapet, og for eksempel trær i parker og i gater vil derfor falle utenfor. Men urbane grøntområder kan ha en positiv effekt på klima selv om denne effekten ikke fanges opp i klimagassregnskapet for arealbrukssektoren.

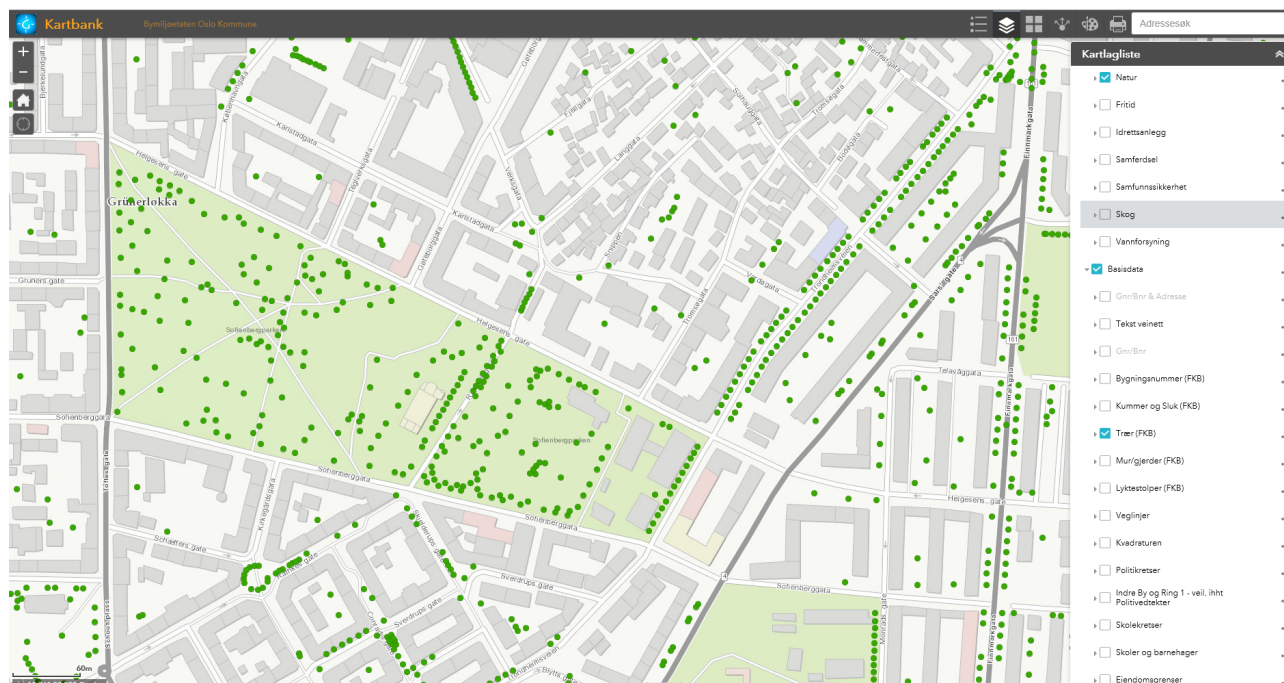
Det er gjort flere studier som sier noe om karbonbeholdningen i bytrær. Basert på en feltstudie ble urbane trær i USA estimert til å lagre 700 mill. tonn karbon, og ha en brutto opptak på 22,8 mill. tonn C/år. Karbonlager i de ti undersøkte byene varierte fra 1,2 mill. tonn C i New York, NY, til 19 300 tonn C i Jersey City (Nowak og Crane 2002). Yang mfl. (2005) estimerte 2,4 mill. urbane trær i Beijing til å utgjøre en karbonbeholdning på 0,2 mill. tonn C.

I New York har de et bykart hvor alle bytrær er inntegnet, hvor en kan klikke seg inn på hvert enkelt av de nær 700 000 registrerte trærne (Figur 19). Foruten informasjon om blant annet treslag og stammediameter, er det også beregning av årlig opptak av CO₂ (link nettside: <https://tree-map.nycgovparks.org>).



Figur 19. Eksempel fra bykart over New York med bytrær inntegnet. Ved å klikke på trærne kommer informasjon om treet opp. Dette inkluderer blant annet treslag og diameter, gatebilde, og en beregning av den økonomiske verdien av ulike økologiske funksjoner som for eksempel opptak av CO₂ hver år. Kartet er tilgjengelig her: <https://tree-map.nycgovparks.org>

Det er et treregister også i Oslo, men det dekker ikke alle trær (80 – 90 % i indre by, men få trær i ytre bydeler, pers. med. Tore Næss i Bymiljøetaten). Bymiljøetatens treregister har en tittetfunksjonen for publikum, hvor kartet kan bygges opp med forskjellige kartlag etter behov, herunder trær (Figur 20). Men det er ingen detaljert informasjon om de enkelte trærne tilgjengelig i kartløsningen.



Figur 20. Kart som viser trær i Oslo sentrum (Slottsparken med omkringliggende arealer). Tilgjengelig på: <http://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b6a293950e254b1e888bb1f1ba13231f&extent=1184424.2495,8375454.8522,1213776.0684,8389557.4839,102100>.

Det kan være en utfordring at bytrær har lav overlevelse på grunn av mye stress, og at de ofte lever relativt kort (ikke blir store) (Konijnendijk ukjent år). For å øke opptak og lagring kan fokus på å beholde de trærne som allerede er der så lenge som mulig, og ved planting av nye trær prioriter arter som kan ha et langt livsløp og som har høy toleranse for urbant stress, være et tiltak. Slik vi forstår det, etter samtale med Bymiljøetaten, er det allerede et fokus på god vitalitet i trærne, og en strategi for dette. Dels er det prioritert en spredning av arter, slekter og familier, og del et fokus på kvalitet i alle ledd.

Det neste tiltaket vil være å ha fokus på mest mulig klimagunstig utnyttelse av biomassen når trær må beskjæres og eventuelt felles. I dagens kontrakter står følgende om behandling av biomassen fra trærne «Kvist skal flises opp og komposteres i godkjent komposteringsanlegg for grøntavfall eller behandles på annen miljøvennlig måte, Trær og større greiner skal så langt det er mulig brukes som energiproduksjon eller til vedfyring.» (fra kravspesifikasjon til kontrakten for fast skjøtsel av parktrær i bydelsparker og gatetrær i Oslo). For trevirke med større dimensjoner vil bruk i lengelevende treprodukter gi den største klimanytten, dernest bioenergi.

Med hensyn på bruk av de grove dimensjonene kan det i en viss grad kunne være motstridende interesser mellom klima, og dagens bruk som blant annet innebærer at grove stammedeler legges ut som potensielt substrat for biomangfold.

Et aspekt når det gjelder urbane grøntområder er at dette kan være områder under press for utbygging, og dermed tap av karbonbeholdninger. Noen av arealene kan på den annen side kanskje også være gjenstand for gjengroing, og dermed økning i karbonbeholdninger. Oslo kommune hadde i

perioden 2010 til 2017 om lag 1500 dekar som gikk fra kategorien «annen utmark» (Åpen fastmark i AR5) til skog (tabell 6). Dette kan potensielt være såkalte «grå arealer», f.eks. i tilknytning til næringsarealer eller boligarealer, og dermed aktuelle for fortetting.

Foruten å potensielt ha en effekt knyttet til opptak og lagring av karbon, kan urbane grøntområder være en del av løsningen i forbindelse med tilpasning til et endret klima (Gulsrud mfl. 2016). I tillegg har urbane grøntområder og trær i bymiljøet en rekke andre positive effekter, deriblant regulerende økosystemtjenester som luftrensing og vannhåndtering; samt at de gir opplevelse av livskraftige grønne byrom og bidrar til biologisk mangfold gjennom at de utgjør habitat for et mangfold av arter (Lauwers mfl. 2017).

5.4 Tiltak i arealbrukskategorien «Utbygd areal» - Grønne tak

Det antas grønne tak og vegger kan bidra til en bærekraftig byutvikling og redusere miljøpåvirkningen fra (nye) bygg (Li og Yeung 2014 mfl.). Om de faktisk gjør det, avhenger av hvor og hvordan de produseres og hvilket klima de brukes i. Internasjonalt er det gjennomført en del analyser på dette med stikkord som bærekraft, kost-nytte og livsløpsanalyser (Berardi mfl. 2014, Shafique mfl. 2018 osv.). Ulike forutsetninger og ulik vektning av effekter gjør at det er vanskelig å sammenligne studier (Francis og Jensen 2017) og få studier som er direkte overførbare til nordiske forhold.

Kunnskapsstatus for nordiske forhold er gått gjennom i to nye publikasjoner (Andenæs mfl. 2018, Thodesen mfl. 2018) fra Klima2050 konsortiet og viser mangel på konkrete estimater og data for viktige funksjoner. Nye kombinasjoner som solceller på grønne tak og de ulike blå-grå-grønne kombinasjonene mangler det også tilsvarende kunnskap om.

Bærekraft er knyttet til karbonregnskapet i et livsløpsperspektiv. Effekten av et grønt tak på karbonregnskapet til en bygning består av direkte og indirekte effekter. De direkte effektene går på karbonkostnader ved produksjon og avhending og karbonbalansen i takets funksjonstid. Indirekte effekter går på hvordan taket påvirker bygningens kjøle og varmebehov og påvirker levetid på takkomponenter (og bygningen) sammenlignet med andre takløsninger osv. Under tar vi fram en del relevante vurderinger. Det er tydelig at det her er flere kunnskapshull som bør tettes med tanke på utvikling av grønne tak som en flerfunksjonell løsning i norsk klima.

For de indirekte effektene så er det foreløpig lite data og sammenstillinger relevante for norske forhold. Det er få (om noen) fullskala undersøkelser av effekter på energibalansen for bygninger, men basert på internasjonale studier og med de krav til takisolering en har i Norge, har grønne tak minimal betydning for energiutvekslingen via taket (Andenæs mfl. 2018). De bufrer derimot temperatursvingninger i takmembran og øker levetiden på denne.

For de mer direkte effektene kan disse også analyseres innen rammen for LCA og LCCA. For ekstensive grønne tak som legges i Norge brukes det i prinsippet den samme oppbygningen, men ofte svært ulike løsninger med ulike konstruksjoner av dreneringslag, pimpstein fra Island, gjenbrukt knust tegl, Leca og andre mineralske komponenter og en andel organisk materiale oftest i form av en godt omsatt kompost. For disse ulike løsningene, bør en kunne estimere karbonbidraget basert på tabellinformasjon. Chenani mfl. (2015) har noen beregninger for et par takløsninger og viser vesentlige forskjeller i karbonavtrykk mellom ulike komponenter, blant annet i vekstmassene.

I vurderingen av ekstensive versus intensive grønne tak, har intensive tak ofte et større innslag av organisk materiale i vekstmassene (vekstmedium). Alt etter opphav (kompost, torv eller andre fraksjoner) vil regnestykket bli ganske forskjellig. For intensive tak med tykkere vekstmasser vil vekstmassen utgjøre en større del av karbonbudsjettet enn for ekstensive tak. For typiske sedummatter vil regnskapet også være forskjellig fra vegetasjon til intensive tak som etableres med pluggplanter og lignende. En kan trolig finne beregninger fra planteskolesektoren for produksjonslinjer for

pluggplanter, men det er usikkert om slike beregninger er gjennomført for de ulike variantene av sedummatter som brukes.

Muligheten for karbonbinding i takets funksjonstid vil avhenge av vegetasjonen og omsetningen av organisk materiale i vekstmassene. Biomasseproduksjonen gir gjennom et år en andel dødt plantemateriale som røtter og blad/skudd. Vind blåser bort en del av det overjordiske materialet og omsetning av døde røtter og blader vil avhengig av fuktighet og oksygentilgang i vekstmassene. Porøse vekstmasser med aerobe forhold vil stimulerer nedbryting, men det er usikkert i hvor stor grad nedbryterorganismer forekommer på takene og om alle funksjoner og roller i nedbrytingen er tilstede.

En høyere biomasseproduksjon på intensive tak vil gi mulighet for noe akkumulering av organisk materiale i vekstmassene, men det vil være store forskjeller mellom ulike løsninger. Basert på kunnskap om karbonbinding i naturlige systemer (for vegetasjon som vil fungere på et tak) kan næringsfattige grasbaserte systemer gi større gevinst enn sedumtak. Positiv karbonbinding på grønne tak som sedumtak kan være kortvarig prosess, gjerne bare de par første årene etter legging (Getter mfl. 2009). Det kan være vesentlig å skille mellom levende (stående) biomasse og tyngre nedbrytbart organisk materiale. Levende biomasse kan være en svært variabel faktor på grønne tak, og er mindre egnet for å vurdere opptak og lagring av karbon. I tillegg vil en ha noe nedbryting av kompostkomponenten, men denne kan være vanskelig å forutsi med de store svingninger mellom våte og tørre forhold en har på grønne tak.

Estimater av karbonavtrykk for ulike grønne løsninger for lokal overvannsdiskontering (LOD) har vist at produksjon, transport og etablering/konstruksjon er det viktigste (negative) bidraget til karbonbalansen. Av de undersøkte systemene var det bare regnbed som kunne kompensere tapet gjennom karbonlagring senere. Grønne tak kunne i denne studien bare kompensere opp til 68% av karbonavtrykket (Kavehei mfl. 2018). I slike estimater ligger det selvsagt en del usikkerhet og forutsetninger en kan se nærmere på, blant annet bidraget fra ulike typer vegetasjon. En mer forutsigbar metode for å øke karbonlagring på grønne tak vil være å bruke grovfraksjonen av biokull som komponent i vekstmassene. Forsøk ved NIBIO har vist at en andel trebasert biokull i standard vekstmasser til ekstensive grønne tak har en positiv effekt på tørkeoverlevelsen i vegetasjonen (Sæbø mfl. manuskript). Negativ effekter på plantevekst ble ikke funnet før volumandelen med biokull var godt over 30%. Det er mulig brannforskrifter setter begrensinger på bruk av biokull på tak, men det må undersøkes nærmere.

Det er vanskelig å konkludere på klimabetydningen av grønne tak, da vi ikke har gode estimat for alle prosessene. Grønne tak vil ikke fanges opp i klimagassregnskapet med dagens rapportering.

Grønne tak kan ha positive effekter på andre områder, som fordrøying av avrenning fra nedbør, estetisk bidrag til grøntstrukturen, og for biologisk mangfold som habitat for ulike dyr og planter (Miljødirektoratet og NIBIO 2016).

NIBIO har under utarbeidelse en rapport med arbeidstittel «Grønne tak som LOD- og miljøtiltak», og som er den siste av fire rapporter på oppdrag fra Miljødirektoratet. Rapporten vil være en oppsummering av kunnskapsstatus for hovedfunksjonene for grønne tak, og den potensielle klimanytten som beskrevet over vil være en del av det som belyses i denne rapporten.

5.5 Tiltak i arealbrukskategorien «vann og myr» - Torvuttak

NIBIO har kartlagt arealer tilrettelagt for torvproduksjon (både aktive og ikke aktive) basert på AR5 og FKB (Søgaard mfl. 2017). Det ble ikke identifisert arealer drenert for torvproduksjon i Oslo.

I klimagassregnskapet beregnes utslippet ved torvproduksjon både ved utslippene fra de drenerte arealene (uavhengig av høsting), og ved det volumet som høstes hvert år. Dersom det ikke er torvuttak i kommunen vil det ikke være utslipp knyttet til dette i kommunens klimagassregnskap. Kommunen

kan allikevel vurdere tiltak som vil kunne redusere utslipp knyttet til uttak og bruk av torv. Utfasing av bruk av torv vil kunne ha negative effekter for de bedrifter som er basert på torvproduksjon (næring), men kunne ha positive effekter på naturmangfold og andre miljøverdier dersom nye myrer ikke dreneres.

Miljødirektoratet kommer med følgende konklusjon i en rapport om utfasing av uttak og bruk av torv (Miljødirektoratet 2018) «*Virkemidler som innrettes mot utfasing av bruk av torv vil derfor ha størst effekt med tanke på klimagassutslipp, siden torven som ellers ville blitt brukt blir værende i myren. Viktige forutsetninger er at erstatningsmaterialene ikke har større (negativ) klimaeffekt, og nedbryting av gjenværende torvlag forhindres med egnet etterbehandling. For klima, som for naturmangfold og andre miljøverdier, vil det beste tiltaket være å forhindre uttak på nye områder, og restaurering tilbake til funksjonell myr være den beste etterbehandlingen av tidligere torvuttak.*»

Litteraturreferanser

- Ahlstrøm, A.P., Bjørkelo, K. & Frydenlund, J. 2014. AR5 Klassifikasjonssystem: Klassifikasjon av arealressurser. Rapport fra Skog og landskap 06/2014. Norsk institutt for skog og landskap, Ås. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2440173>
- Alfredsen, G., Sandland, K.M. & Sjøgaard, G. 2017. Norges klimagassregnskap for treprodukter og trebruk i fleretasjes bygg – en analyse av trender. NIBIO Rapport;3(35) 2017 <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2435009>
- Andenæs, E., Kvande, T., Muthanna, T.M & Lohne, J. 2018. Performance of Blue-Green Roofs in Cold Climates: A Scoping Review. Buildings 2018, Vol. 8(4), p. 55; doi:10.3390/buildings8040055, ISSN 2075-5309
- Aronsson, H., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., Liu, J., Øgaard, A., Känkänen, H., Ulén, B. J. J. O. S. & Conservation, W. 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in southern Scandinavia and Finland. 71, 41-55
- Bárcena, T.G., Grønlund, A., O' Toole, A. & Rasse, D. 2016. Landbruket i møte med klimaendringene. Karbonbalansen I dyrket mark. Kapittel i "Utredning om landbrukets utfordringer I møte med klimaendringene. Fagnotater som underlag for arbeidsgruppens hovedrapport". S. 156 - 175
- Berardi, U., GhaffarianHose, A.H. & GhaffarianHoseini A. 2014. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs Applied Energy 115: 411-428
- Breidenbach, J., Eiter, S., Eriksen, R., Bjørkelo, K., Taff, G., Sjøgaard, G., Tomter, S.M., Dalsgaard, L., Granhus, A. & Astrup, R. A. 2017. Analyse av størrelse, årsaker til og reduksjonsmuligheter for avskoging i Norge. NIBIO Rapport;3(152) 2017 <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2477867>
- Brække, F.H. & Granhus A. 2004. Ungskogpleie I naturlig forynget gran på middels og høy bonitet. Rapport fra skogforskningen 10: 1 – 22
- Braastad, H. 1979. Vekst og stabilitet i et forbandsforsøk med gran. Meddelelser fra Norsk institutt for skogforskning 34.4: 169 - 215
- Braathe, P. 1988. Utviklingen av gjenvekst med ulike blandingsforhold mellom bartrær og løvtrær – II. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 8/88: 1 – 50
- Bye, A.S. Aarstad, P.A., Løvberget, A.I., Høie, H. 2017. Jordbruk og miljø 2017. Tilstand og utvikling. SSB rapport 2017/41. <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/jordbruk-og-miljo-2017>
- Chenani S. B., Lehvavirta, S. & Hakkinen T. 2015. Life cycle assessment of layers of green roofs. Journal of Cleaner Production 90, 153-162
- Christiansen, J.R., Gundersen, P., Frederiksen, P. & Vesterdal L. 2012. Influence of hydromorphic soil conditions on greenhouse gas emissions and soil carbon in a Danish temperate forest. Forest Ecology and Management 284: 185-195
- Dalsgaard, L., Granhus, A., Sjøgaard, G., Andreassen, K., Børja, I., Clarke, N., Kjønaas, O. J. & Stokland, J.N. 2015. Karbondynamikk ved ulike hogstformer og avvirkningsstrategier. En litteraturstudie med fokus på Oslo kommuneskog. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 04/2015. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2436847>
- Francis, LFN & Jensen, MB. 2017. Benefits of green roofs: A systematic review of the evidence for three ecosystem services. Urban Forestry & Urban Greening 28 (2017) 167–176

- Getter KL, Rowe DB, Robertson GP, Cregg BM & Andresen JA. 2009. Carbon Sequestration Potential of Extensive Green Roofs. *Environmental Science & Technology* 2009 43 (19), 7564-7570
- Gizachew, B., Brunner A & Øyen B.-H. 2012. Stand responses to initial spacing in Norway spruce plantations in Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 27:7, 637-648, DOI: 10.1080/02827581.2012.693191
- Gulsrud, N., Rutt, R.L., Nielsen, A.B., Fors, H. & Konijnendijk, C. van den B. 2016. Place-based governance of urban forests and green spaces for climate-resilient cities - Policy Brief. https://www.researchgate.net/publication/308023204_Place-based_governance_of_urban_forests_and_green_spaces_for_climate-resilient_cities_-_Policy_Brief
- Gundersen, GV. 2004. Urbant skogbruk. Forvaltning av skog i by- og tettstedkommuner. *Aktuelt fra skogforskningen* 3/04: 1-33.
- Grønlund, A., K. Knoth de Zarruk, D. Rasse, H. Riley, O. Klakegg, & I. Nystuen, 2008. Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord. *Bioforsk rapport nr 132*, vol. 3
- Handler, M.M. 1988. Forbandtsforsøg i granskov. Tæthet, tilvækst, diameterspredning og kvalitet. Forsøg 928, mathiesen-Eidsvold Værk, Hurdal. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 1/88. 20 s.
- Haveraaen, O. 1981. Vekstutvikling i et 20-årig forbandtsforsøk med gran (*Picea abies* (L.) Karst. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole 60(13): 1 - 12
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (red.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 s.
- IPCC. 2014a. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. (red.). Published: IPCC, Switzerland
- IPCC. 2014b. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Kätterer, T., Bolinder, M.A., Berglund, K. & Kirchmann, H. 2012. Strategies for carbon sequestration in agricultural soils in northern Europe, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science*, 62:4, 181-198, DOI: 10.1080/09064702.2013.779316
- Kavehei, E, Jenkins GA, Adame, MF & Lemckert, C. 2018. Carbon sequestration potential for mitigating the carbon footprint of green stormwater infrastructure. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 94 (2018) 1179–1191
- Konijnendijk, C.C. *Urban Forestry and Climate Change. Challenges and opportunities.* [http://tempus.volgattech.net/presentations/konijnendijk\(video\).pdf](http://tempus.volgattech.net/presentations/konijnendijk(video).pdf)
- Kvaalen, H. 2016. Ny standard for ungskogpleie – er den gamle kunnskapen forelda? (foredrag Honne 18.8.2016). Data fra: Feltnr: 0927 Vardal prestegårdsskog - Gjøvik, Oppland. Høh: 480 m. Bestandets etableringsår: 1958
- Landbruksdirektoratet. 2018a. *Foryngelse og miljøhensyn.* <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/statistikk/skogbruk/foryngelse-og-miljohensyn> Oppdatert 4.6.2018. Lastet ned 2.11.2018.

- Landbruksdirektoratet. 2018b. Tettere planting som klimatiltak.
<https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-og-skog/skog-og-klima/tettere-planting#tilskudd-ved-nyplanting>
- Lauwers, L., Barton, D.N., Blumentrath, S. & Often, A. 2017. Accounting for urban trees. Updating the VATo3 compensation value model. NINA Report 1453. Norwegian Institute for Nature Research.
- Li, W. & Yeung, K., 2014. A comprehensive study of green roof performance from environmental perspective. *Int. J. Sustain. Built Environ.* 3, 127–134
- Lohila A., Minkkinen K., Aurela M., Tuovinen J.P., Penttilä T., Ojanen P. & Laurila T. 2011. Greenhouse gas flux measurements in a forestry-drained peatland indicate a large carbon sink. *Biogeosciences* 8: 3203-3218.
- Lupikis, A. & Lazdins, A. 2017. Soil carbon stock changes in transitional mire drained for forestry in Latvia: A case study. *Forestry and Wood processing. Research for rural development: 1*
DOI:10.22616/rrd.23.2017.008
- Mäkiranta P, Hytönen J, Aro L, Maljanen M, Pihlatie M, Potila H, Shurpali NJ, Laine J, Lohila A, Martikainen PJ & Minkkinen K. 2007. Soil greenhouse gas emissions from afforested organic soil croplands and cutaway peatlands. *Boreal Environment Research* 12: 159–175.
- Meyer A, Tarvainen L, Noursatpour A, Björk RG, Ernfors M, Kasimir Klemetsson Å, Lindroth A, Råntfors M, Rütting T, Wallin G, Weslien P & Klemetsson L. 2013. A fertile peatland forest does not constitute a major greenhouse gas sink. *Biogeosciences* 10: 7739-7758
- Miljødirektoratet & Landbruksdirektoratet. 2016. Plan for restaurering av våtmark i Norge (2016-2020). Med mål om reduserte klimagassutslipp, tilpasning til klimaendringene og bedret økologisk tilstand. Rapport M-644. 65 s.
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M644/M644.pdf>
- Miljødirektoratet. 2018. Utfasing av uttak og bruk av torv – Kunnskapsutredning om konsekvenser for naturmangfold, klima, næring og forbrukere. Rapport M- 951. 53 s.
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M951/M951.pdf>
- Miljødirektoratet, Landbruksdirektoratet & NIBIO. 2016. Vern eller bruk av skog som klimatiltak. Rapport M-519. 21 s. <http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M519/M519.pdf>
- Miljødirektoratet & NIBIO. 2016. Vegetasjon til grønne tak. Faktaark M-627
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M627/M627.pdf>
- Miljødirektoratet, Statens landbruksforvaltning & Norsk institutt for skog og landskap. 2014. Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak. Egnede arealer og miljøkriterier. Rapport M-174
- Minkkinen, K. & Laine, J. 1998. Long-term effect of forest drainage on the peat carbon stores of pine mires in Finland. *Can. J. For. Res.* 28: 1267–1275
- Nowak, D.J. & Crane, D.E. 2002. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution* 116 (2002) 381–389
- Ojanen P., Minkkinen K. & Penttilä T. 2013. The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. *Forest Ecology and Management* 289: 201–208.
- Oslo kommune 2018. Grøntregnskap: en måling av grønnstruktur i Oslos byggesone. Fagrapport utarbeidet av Plan- og bygningsetaten. 79 s.
- Poeplau, C., Aronsson, H., Myrbeck, Å., & Kätterer, T. 2015. Effect of perennial ryegrass cover crop on soil organic carbon stocks in southern Sweden. *Geoderma Regional*, 126-133

- Prasuhn, V. 2012. On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. *Soil & Tillage Research*, 120, 137-146.
- Regjeringen. 2018. Fortetting. Nettartikkel oppdatert 20.8.2018, hentet 23.11.2018.
<https://www.regjeringen.no/no/sub/stedsutvikling/ny-emner-og-eksempler/fortetting-ny/id2363894/>
- Riley, H. 2014. Grain yields and soil properties on loam soil after three decades with conservation tillage in southeast Norway. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*
<http://www.tandfonline.com/loi/sagb20>
- Riley, H. & Bakkegård, M. 2006. Declines in soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.* 56: 217-223
- Rindal, T. kr., Myklestad G. & Pettersen, J. 2013. Skogkurs-Resymé nr. 2 - 6. utgave: 2014 «Ungskogpleie». Utarbeidet ved Skogkurs (Skogbrukets Kursinstitutt). 4 s.
- Shafique M, Reeho Kima R. & Rafiq M. 2018. Green roof benefits, opportunities and challenges – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 90 (2018) 757–773
- Strand, L.T., Callesen, I., Dalsgaard, L. & de Wit, H., 2016. Carbon and nitrogen stocks in Norwegian forest soils — the importance of soil formation, climate, and vegetation type for organic matter accumulation. *Can. J. For. Res.* 46: 1459–1473.
- Sturite, I., Henriksen, T. M., & Breland, T. A. J. 2007. Winter losses of nitrogen and phosphorus from Italian ryegrass, meadow fescue and white clover in a northern temperate climate. *Acta Agriculturae Scandinavica B-Plant Soil Sciences*, 120(2-4), 280-290
- Sturite, I., Rivedal, S. & Dörsch, P. 2014. Effects of fertilization and soil compaction on nitrous oxide (N₂O) emissions in grassland. In: Hopkins, A. mfl. (red.). EGF at 50: The Future of European Grasslands. 19: 94-96. Proceedings of the 25th Symposium, EGF, Aberystwyth, Wales, 7.-11. September 2014
- Søgaard G., Eriksen, R., Astrup, R. A. & Øyen, B.-H. 2012. Effekter av ulike miljøhensyn på tilgjengelig skogareal og volum i norske skoger. Rapport fra Skog og landskap;02/2012
<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2453912>
- Søgaard G. & Granhus A. 2012. Klimaoptimalt skogbruk. En vurdering av utvalgte skogskjøtselstiltak i Akershus fylke. Oppdragsrapport fra Skog og landskap;09/2012
<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2453883>
- Søgaard, G., Granhus, A., Gizachew, B., Clarke, N., Andreassen, K. & Eriksen, R. 2015. En vurdering av utvalgte skogtiltak - innspill på veien mot Lavutslippssamfunnet 2050. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 02/2015. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2436809>
- Søgaard, G., Økseter, R. & Borgen, S.K. 2017. Klimagassutslipp fra torvproduksjon i Norge - Metode, datagrunnlag og utslippfaktorer benyttet i klimagassregnskapet under FNs klimakonvensjon (UNFCCC). NIBIO Rapport;3(78) <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2443914>
- Teepe, R., Brumme, R., & Beese, F. 2001. Nitrous oxide emissions from soil during freezing and thawing periods. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(9), 1269-1275
- Thodesen, B, Kvande, T, Tjaet, H.T.T, Time, B & Lohne, J. 2018. Adapting Green-Blue Roofs to Nordic Climate. *Nordic Journal of Architectural Research* 2/2018, p. 99-126, ISSN 1893-5281
- Valand, S. Nøkland, A., Sundet, H. 2017. Karbonbinding i norsk landbruksjord. Norsk Landbruksrådgivning Østafjells <https://ostafjells.nlr.no/media/3234516/kunnskapsgrunnlag-karbonbinding-i-norsk-landbruksjord.pdf>

- West, T. O. & Marland, G. 2002. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: Comparing tillage practices in the United States. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 91, 217-232.
- Yang, J., McBride, J., Zhou, J. & Sun, Z. 2005. The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban Forestry & Urban Greening* 3: 65–78
- Øygarden, L., & Bechmann, M. 2017. Synergier av miljøtiltak i jordbruket-Klimagassutslipp, klimatilpassing, vannforvaltning og luftforurensninger i norsk jordbruk. NIBIO Rapport 3(51): 39 s

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.